



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Muelles testers transportables en ferrocarril para operaciones

Autor

Iván Lacambra Sánchez

Directores

Doctor Marcos Pueo Arteta
Capitán Oscar Luis Gálvez Cortes

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
2018-2019

AGRADECIMIENTOS

Tras este periodo continuo de aprendizaje en la Academia General Militar y con la finalización del proyecto fin de grado en las unidades. No tengo palabras de agradecimiento para poder expresar todo lo que he podido aprender, sin lugar a duda, de todo el personal de Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros número doce (RPEI N°12), el cual me ha facilitado en gran medida la realización de este Trabajo Fin de Grado (TFG), prestándome toda su ayuda de manera desinteresada. En especial a la Compañía (Cía.) de Ferrocarriles, la cual cuenta con una gran cualificación y elevada experiencia en los ferrocarriles, así como al personal Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF).

Por eso, quiero agradecer el esfuerzo y la dedicación que han mostrado hacia este proyecto fin de grado.

En primer lugar, a la Cía. de Ferrocarriles, en especial a su Capitán, que siendo mi Director Militar Oscar Luis Gálvez Cortes, el cual me ha orientado y facilitado todo tipo de ayuda e información que he podido precisar.

En segundo lugar, al Teniente, los Suboficiales y al personal de tropa de la misma compañía, los cuales han dedicado parte de su tiempo en su instrucción en facilitarme la información y ayudarme a comprender mejor la función de la Cía. de Ferrocarriles en el Ejército de Tierra (ET). Esto me ha facilitado el aprendizaje y la realización del TFG.

En tercer lugar, me gustaría agradecer al personal perteneciente al segundo escalón de mantenimiento de chapa y soldadura, encuadrado en el RPEI 12 por el esfuerzo que han desempeñado en este proyecto. También al Sargento Martín, encargado del montaje del Puente Mabey, encuadrado en la Cía. de Puentes Fijos, por las horas que han dedicado en la resolución del montaje y comprensión de dicho puente adaptado al proyecto.

Por último, aunque no menos importante, me gustaría agradecer a mi Director Académico, el Doctor Marcos Pueo Arteta, el tiempo y la dedicación que me ha ofrecido, su excelente trabajo en conseguir la ampliación de mis conocimientos académicos, así como la organización y desarrollo de este proyecto, sin el cual, no hubiera sido posible la realización del mismo.

RESUMEN

Este proyecto, consiste en la realización de una alternativa al actual muelle testero transportable por ferrocarril denominado “Transfer”.

El muelle Transfer es el medio utilizado por la Cía. de Ferrocarriles para la carga/descarga de vehículos blindados en el transporte ferroviario militar, tanto en Territorio Nacional, como en Zona de Operaciones, donde no se dispone de muelle prefabricado. Sin embargo, las nuevas necesidades logísticas de la OTAN requieren una mayor capacidad de carga manteniendo la posibilidad de ser transportado a través de las vías.

En este trabajo, se propone una alternativa al Muelle Transfer ya que no cumple con la normativa española de seguridad en el transporte ferroviario. Para lo cual se han utilizado piezas estándar del puente Mabey. A su vez, se han considerado las cargas que pueden soportar en los puntos más desfavorables, así como la facilidad de montaje y transportabilidad.

Los resultados del trabajo muestran que es posible utilizar los elementos del puente Mabey, adaptando los elementos necesarios de este en la construcción de un muelle testero. Las piezas que sufren mayor esfuerzo han sido calculadas mediante el software de diseño de Solidworks. Para ello se han actualizado los requerimientos a las nuevas solicitudes obteniendo finalmente unos resultados satisfactorios. Con ello se ha demostrado que las piezas pueden soportar las cargas y que es posible su adaptación a un muelle testero.

Palabras clave: Muelle testero, ferrocarriles, capacidad.

ABSTRACT

This project consists in developing an alternative to the railway transportable front dock "Transfer" which is currently used.

The front dock Transfer is used by the Railways Coy for loading or unloading armoured vehicles in military railway transport. It is used both in National Territory and in Zone of Operations, wherever there is not any settled dock front. However, new logistical needs of the NATO require more load capacity. They also require to maintain the possibility of railway transport.

In this work, an alternative to the front dock Transfer is proposed, this pier does not comply with the safety regulations in rail transport. In order to get that, there had been used standard pieces of Mabey bridge. Also, there had been considered which loads can be endured in the most adverse points, as well as setting and moving easiness.

This paper results show that it is possible to use the pieces of Mabey bridge, if they are adapted to the construction of a front dock. Pieces that suffer main efforts had been calculated with the computer application Solidworks. In order to get that, there had been updated the requirements of the new requests. At the end, this paper gets some satisfactory results. It has been showed both that pieces can endure loads and that it is possible to adapt them to a front dock.

Key words: Front dock, railways, capacity.

ABREVIATURAS

ADIF: Administrador de Infraestructuras Ferroviarias.

Cía.: Compañía.

E.T: Ejército de Tierra.

FDS: Factor de Seguridad.

MLC: Military Load Classification.

OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte.

PMME: Plataforma Militar Metálica Electrotren.

Pn.: Pelotón.

RENFE: Red Nacional de Ferrocarriles Españoles.

RPEI Nº 12: Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros número doce.

TFG: Trabajo Fin de Grado.

TN: Territorio Nacional.

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1 Muelle testero TYCE. Fuente: Facilitada por la Cía. de Ferrocarriles.</i>	15
<i>Figura 2 Plataforma M-1 y Muelle testero Transfer. Fuente: Autor.</i>	16
<i>Figura 3 Señales reglamentarias MLC OTAN. Fuente: STANAG 2021 edición 8.</i>	20
<i>Figura 4 Rampa Mabey. Fuente: RPEI N°12</i>	22
<i>Figura 5 Rampa PF-50. Fuente: Autor.</i>	22
<i>Figura 6 Muelle TYCE. Fuente: Cía. de Ferrocarriles.</i>	23
<i>Figura 7 Rampa MAN. Fuente: Manual.</i>	24
<i>Figura 8 Puente Mabey. Fuente: Sitio Web .</i>	25
<i>Figura 9 Muelle testero del Ejército Francés. Fuente: Cía. de Ferrocarriles.</i>	26
<i>Figura 10 Plataforma PMME. Fuente: Autor.</i>	28
<i>Figura 11 Contenedor ISO de 20 pies. Fuente: Sitio Web</i>	29
<i>Figura 12 Poste Rampa NLC 19543. Fuente: Diseño propio.</i>	32
<i>Figura 13 Pendientes de cada tramo del muelle testero. Fuente: Elaboración propia.</i>	32
<i>Figura 14 Travesero rampa intermedia NLC 19542. Fuente: Diseño propio.</i>	33
<i>Figura 15 Enrejado superior NLC 19535. Fuente: Diseño propio.</i>	33
<i>Figura 16 Estructura muelle testero. Fuente: Diseño propio</i>	36
<i>Figura 17 Análisis Tablero rampa NLC 19546. Fuente: Elaboración propia.</i>	37
<i>Figura 18 Análisis Placa apoyo base rampa NLC 19545. Fuente: Elaboración propia.</i>	38
<i>Figura 19 Análisis Travesero de la base de la rampa NLC 19548. Fuente: Elaboración propia.</i>	39
<i>Figura 20 Análisis conjunto MT80.02.00. Fuente: Elaboración propia.</i>	40
<i>Figura 21 Análisis conjunto MT80.01.00. Fuente: Elaboración propia.</i>	42
<i>Figura 22 Contenedor ISO 20 pies, muelle testero desmontado. Fuente: Elaboración propia.</i>	43
<i>Figura 23 Tablero de la rampa NLC 19546. Fuente: Elaboración propia.</i>	44
<i>Figura 24 Correa de amarre. Fuente: Sitio Web .</i>	45
<i>Figura 25 Centro de gravedad del Contenedor ISO 20 PIES cargado. Fuente: Elaboración propia.</i>	46
<i>Figura 26 Merlo y contenedor ISO de 20 Pies en plataforma PMME. Fuente: Elaboración propia</i>	47
<i>Figura 27 Muelle testero transportable. Fuente: Diseño propio</i>	48
<i>Figura 28 Pedestrail. Fuente: Sitio Web.</i>	50
<i>Figura 30 Rampa Transportable Ejército Francés. Fuente: Cía. de Ferrocarriles.</i>	53
<i>Figura 31 Rampa Transportable Ejército Noruego. Fuente: Cía. de Ferrocarriles.</i>	53
<i>Figura 32 Rampa Transportable Ejército Belga. Fuente: Cía. de Ferrocarriles.</i>	54

<i>Figura 33 Rampa Transportable Ejército Eslovaco. Fuente: Cía. de Ferrocarriles.</i>	<i>54</i>
<i>Figura 34 Rampa Transportable Reino Unido. Fuente: Cía. de Ferrocarriles.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 35 Rampa Transportable Norte Americana. Fuente: Cía. de Ferrocarriles.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 36 Viga de apoyo NLC 19536. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>103</i>
<i>Figura 37 Pernos NLC 19536. Fuente: Autor.</i>	<i>104</i>
<i>Figura 38 Viga de apoyo corta. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>104</i>
<i>Figura 39 Enrejado superior NLC 19535. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>105</i>
<i>Figura 40 Ensamblaje enrejado superior. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 41 Travesero cabeza de rampa NLC 19534. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 42 Incremento de enrejado NLC 19539. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 43 Viga de relleno MC 364. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 44 Placa de soporte del poste de la rampa NLC 19544. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>108</i>
<i>Figura 45 Poste de la rampa. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>109</i>
<i>Figura 46 Placa soporte travesero. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>109</i>
<i>Figura 47 Travesero de la rampa intermedia NLC 19542. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>110</i>
<i>Figura 48 Diagonal de arriostramiento MC 134. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>110</i>
<i>Figura 49 Detalle diagonal de arriostramiento MC 134. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>111</i>
<i>Figura 50 Diagonales de arriostramiento vertical NLC 19570. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>111</i>
<i>Figura 51 Base de la rampa NLC 19548. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>112</i>
<i>Figura 52 Diagonales de arriostramiento MC 134. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>112</i>
<i>Figura 53 Diagonales de arriostramiento vertical NLC 19548. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>113</i>
<i>Figura 54 Placa de apoyo de la base de la rampa NLC 19545. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>113</i>
<i>Figura 55 Pie de la rampa NLC 18546B. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>114</i>
<i>Figura 56 Piso de acero NLC 18546. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>114</i>
<i>Figura 57 Piso de acero NLC 18546. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>115</i>
<i>Figura 58 Piso de acero NLC 18546. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>115</i>
<i>Figura 59 Bordillo MC 300. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>116</i>
<i>Figura 60 Casquillos poste indicador NLC 19552. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>116</i>
<i>Figura 61 Poste indicador de rampa NLC 25030. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>117</i>
<i>Figura 62 Muelle testero. Fuente: Diseño propio.</i>	<i>117</i>
<i>Figura 63 Vista explosionada cabeza rampa. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>119</i>
<i>Figura 64 Vista explosionada, muelle testero intermedio. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>119</i>

LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1 Comparativa de las rampas de acceso de los puentes del E.T. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2 Comparativa de muelles testers de los Ejércitos de la OTAN. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 3 Material necesario montaje muelle tetero. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>118</i>

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	15
1.1	Antecedentes.....	15
1.2	Objetivos.....	17
2	METODOLOGÍA.....	17
3	ESTADO DEL ARTE.....	18
3.1	Clase MLC OTAN.....	19
3.2	Puentes y muelles militares.....	21
3.2.1	Rampas en el ET.....	21
3.2.2	Muelles testers de otros ejércitos de la OTAN.....	26
4	DESARROLLO DEL TRABAJO.....	27
4.1	Análisis de las necesidades.....	28
4.2	Elección de estructura.....	30
4.3	Muelle testero: Rampa Mabey.....	31
4.3.1	Cálculo de la estructura.....	32
4.3.2	Almacenamiento en contenedor ISO.....	42
4.3.3	Cálculo de las cargas en el contenedor.....	45
4.3.4	Máquina Merlo de 10K.....	46
5	MANUAL DE MONTAJE MUELLE TESTERO.....	47
6	CONCLUSIONES.....	48
7	LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO.....	49
8	BIBLIOGRAFÍA.....	51
	ANEXO 1. MUELLES TESTEROS UTILIZADAS EN OTROS EJÉRCITOS.....	53
	ANEXO 2. OPERACIONES DE CÁLCULO REALIZADAS DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DEL MUELLE TESTERO.....	56

ANEXO 3. MANUAL DE MONTAJE MUELLE TESTERO.	102
ANEXO 4. PLANOS.	120

1 INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes.

Hasta los años 70 el embarque y desembarque de los vehículos en los trenes se realizaba en las estaciones de ferrocarril, donde se disponía de muelles de carga o descarga de material prefabricado. Este tipo de maniobra, poco táctico a nivel militar, implica un descenso de la seguridad, debido a que su montaje era muy lento y estático en relación al alto nivel estratégico necesario en operaciones militares, es decir, los medios militares de alta importancia se encuentran expuestos a un posible ataque enemigo sin tener capacidad de defenderse durante estos embarques. Esto convertía a este tipo de instalaciones en elementos críticos en caso de guerra.

Cuando este tipo de maniobra se tenía que realizar fuera de estos muelles prefabricados, se dificultaba la carga y descarga de las plataformas ferroviarias, convirtiendo estas situaciones en maniobras complicadas e improvisadas.

El cambio llegó en 1972 [1] [2], fecha de fabricación del primer Muelle Testero TYCE (*Figura 1*), cuando se hizo posible la maniobra de cargar y descargar vehículos de los vagones en situaciones de conflicto armado con otra nación. Esto conseguía que dicho movimiento se pudiera realizar alejado de una estación de ferrocarril y oculta de la vista del enemigo. La consecuencia fue un aumento en la seguridad.



Figura 1 Muelle testero TYCE. **Fuente:** Facilitada por la Cía. de Ferrocarriles.

El TYCE tenía un gran inconveniente, era necesario un elevado tiempo para ser montado sobre las vías de ferrocarril, aumentando con ello la exposición de los materiales, vehículos y personal encargado de su instalación.

Por este motivo, en el año 1978, se plantea la necesidad de un muelle testero que disminuya el tiempo de montaje y que mantenga la posibilidad de ser transportado por ferrocarril, además de ser instalado en cualquier lugar alejado de una estación de ferrocarril.

En este mismo año fue diseñado el muelle testero Transfer (*Figura 2*), por D. Juan José Basanta Pérez en su empleo de Capitán [2]. Este muelle facilita la carga y descarga de vehículos en las mismas vías en un corto espacio de tiempo, tardando tan solo 12 minutos para su montaje, aunque es necesario disponer de un tramo recto de vía de 35m.

Este muelle facilita el acceso de los vehículos por la parte trasera o por el lateral, ya que dispone de cuatro faldones, dos en cada costado. Este acceso lateral tiene como ventaja la disminución del deterioro de las vías con el paso de vehículos sobre estas durante la maniobra de carga/descarga del ferrocarril.



Figura 2 Plataforma M-1 y Muelle testero Transfer. **Fuente:** Autor.

En los últimos años el muelle testero Transfer ha quedado obsoleto ya que no se ajusta a las nuevas normativas y restricciones que la Red Nacional de Ferrocarriles Españoles/ Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (RENFE/ADIF) [3]. Se ha comenzado un proceso de modernización para actualizarlo acorde a la norma actual.

Hoy en día, España está inmersa en diferentes operaciones en países del Este de Europa, Corea y Siria, donde, a causa del transporte por ferrocarril, es necesario un muelle testero de mayor capacidad.

En estos países, no se dispone en ocasiones de muelles testers prefabricados. Esto ralentiza en gran medida la carga y descarga de vehículos y carros de combate, ya que se tiene que realizar mediante grúas de gran capacidad.

Por este motivo, es necesario un muelle testero de mayor capacidad, para soportar vehículos más pesados, y que además siga siendo transportable en el mismo tren.

1.2 Objetivos.

El objetivo de este TFG es desarrollar una alternativa al actual muelle Transfer con la finalidad de dar una solución a los problemas de transporte de vehículos mediante plataformas de tren, Principalmente en los Teatros de Operaciones, países del Este de Europa, en los que España está participando.

Las exigencias que se han tenido en cuenta para alcanzar una solución viable son:

- La utilización de un muelle testero transportable por ferrocarril.
- Que sea desmontable.
- Que se pueda guardar en un contenedor normalizado para su transporte.
- Que sea de fácil montaje.
- Que pueda soportar el paso de vehículos mecánicos y acorazados de hasta “Military Load Classification” (MLC) 80 OTAN¹.

2 METODOLOGÍA.

El trabajo se ha desarrollado según los siguientes puntos:

- Primero, se ha consultado al Capitán de la Cía. de Ferrocarriles Oscar Luis Gálvez Cortes, para determinar el estado actual de investigación y desarrollo de alternativas realizadas por parte de su Cía. (estado del arte).

¹ MLC 80 OTAN: equivale a una masa máxima de 72,58Tm. Las clases militares OTAN se explican en el apartado 3.1 .

- Segundo, se ha consultado al personal cualificado del RPEI N°12, destinado en cada una de las Cías. que se dedican exclusivamente al uso y mantenimiento de los puentes, que dispone en el ET. Estas Cías. disponen de los materiales necesarios, las rampas de los propios puentes, para adaptarlos a un muelle testero para el ferrocarril.
- Tercero, se ha buscado información sobre otras alternativas disponibles en otros ejércitos.
- Cuarto, en base a la información obtenida se ha estudiado la viabilidad del uso de material reglamentario disponible en el E.T para otras aplicaciones. Con ello se ha pretendido conseguir un significativo abaratamiento de costes en este proyecto.
- Quinto, se ha usado la aplicación informática Solidworks para realizar el diseño y los cálculos correspondientes. Esta herramienta, permite modelar en 3D cada uno de los elementos que forman el muelle testero y unirlos en un solo ensamblaje. Posteriormente, se ha realizado un análisis cuantitativo de los esfuerzos a los que se verá sometida la nueva rampa de acceso cada vez que se carguen y descarguen vehículos.

3 ESTADO DEL ARTE.

El Capitán de la Cía. de Ferrocarriles, D. Oscar Luis Gálvez Cortes, realizó un estudio de las nuevas necesidades, relacionadas con el transporte, que pudieran surgir a corto y medio plazo. Lo enfocó con perspectiva a las distintas misiones fuera del Territorio Nacional (TN) donde se involucre al Ejército y en concreto a la Cía. de Ferrocarriles.

Para ello, realizó un análisis de los nuevos vehículos de combate de los que disponen nuestros aliados de la OTAN, con los que España mantiene una estrecha colaboración en misiones de mantenimiento de la paz y de la seguridad. Como consecuencia surgió la necesidad de crear un muelle testero de mayor MLC OTAN, ya que el actual muelle testero transportable Transfer no tiene la capacidad de soporte suficiente para ser usado por determinados vehículos de combate militares de nuestros aliados en la OTAN.

La opción de modificar el Transfer, para incrementar la capacidad no es viable debido a los problemas de homologación y certificación que ya se están realizando [3]. Dichos trámites están siendo realizados desde hace más de 10 años, con la finalidad de adaptar las

plataformas y el propio muelle testero Transfer, incrementando la seguridad de los transportes de hoy en día.

Para cubrir la necesidad detectada, ante la imposibilidad de aprovechar los antiguos muelles, la Cía. de Ferrocarriles ha estado experimentando con otros medios circunstanciales. Han tratado de poner una solución mediante la construcción in situ de gaviones² a modo de muelle, pero no llega a ser una alternativa eficiente debido al elevado tiempo que requiere su instalación, la dificultad para recogerlos de las vías y el gran acopio de material que es necesario.

Finalmente, se decidió proponer el estudio de un nuevo muelle testero que sufrague las necesidades de misiones futuras. Este tomará un papel preponderante allá donde no se disponga de un muelle testero de fábrica y sea necesario un muelle desmontable, que pueda ser desplazado con el propio tren que va a transportar los vehículos mecanizados o acorazados.

3.1 Clase MLC OTAN.

Para el correcto desarrollo de este trabajo es necesario conocer el concepto de MLC OTAN [4]. La MLC OTAN, relaciona el efecto que produce un determinado vehículo sobre un puente. Es una norma creada para clasificar tanto vehículos como puentes de los países firmantes. Esto ayuda a clasificar vehículos y puentes, con la finalidad de permitir el paso o no. De esta manera se consigue que todos los países de la OTAN tengan unas referencias claras e intercambiables entre ellos de sus vehículos y puentes en materia de paso.

Cada vehículo militar lleva una señal que indica cuál es su MLC OTAN, y de forma similar, los puentes militares llevan acompañada la señal correspondiente de la categoría estimada de paso. Normalmente en los puentes queda materializada por separado para vehículos de cadenas y ruedas, es decir, un puente tendrá una MLC OTAN para ruedas que no tiene por qué ser necesariamente la misma que para cadenas. Si la clase del vehículo supera la de la estructura portante (puente) no podrá pasar sobre ella.

² Gavión: Estructura prismática rectangular mallada que se rellena a base piedras en su interior.

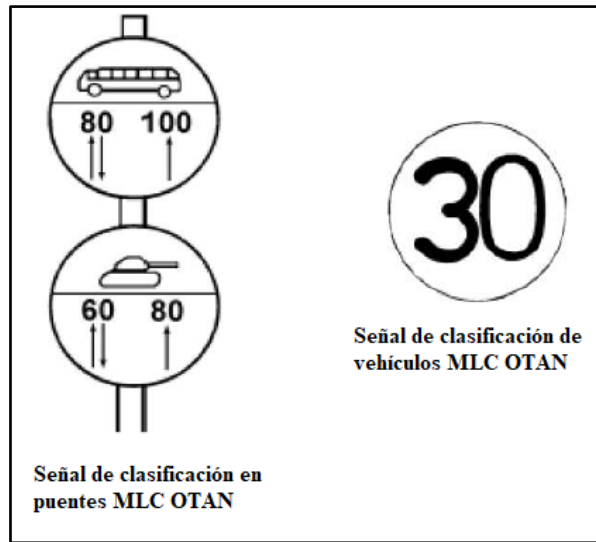


Figura 3 Señales reglamentarias MLC OTAN. **Fuente:** STANAG 2021 edición 8.

En la, *Figura 3* podemos observar dos tipos de señales que se utilizan para conocer la MLC OTAN en puentes y en vehículos.

- La señal de la izquierda se utiliza para saber la máxima MLC OTAN de vehículos que puede pasar por el puente. En este caso se han diferenciado el paso de vehículos de ruedas la señal de arriba, permitiendo el paso en ambos sentidos para una MLC 80 OTAN y de un solo sentido de circulación para una MLC 100 OTAN. La señal de abajo corresponde para los vehículos de cadenas, permitiendo el paso en ambos sentidos de una MLC 60 OTAN y en un solo sentido de circulación de MLC 80 OTAN.
- La señal de la derecha la llevan visible todos los vehículos militares dentro de la OTAN y debe poder verse desde el frente. En este caso se trata de un vehículo de MLC 30 OTAN, sin importar si es de ruedas o de cadenas.

Esto facilita que el personal no especializado pueda valorar y tomar la decisión de pasar por un puente o no. Al estar el vehículo y puente clasificados, no se tiene la necesidad de conocer la estructura del puente o cómo se va a comportar. Dicha clasificación la realiza normalmente un oficial siguiendo las pautas marcadas en el STANAG 2021 ED8 [4], donde se recoge todo el procedimiento analítico.

3.2 Puentes y muelles militares.

A continuación, con la finalidad de encontrar diferentes opciones, se muestra una comparativa entre los diferentes puentes del E.T para comprobar si sus rampas de acceso pueden servir como muelle testero. Por otro lado, también se incluye una muestra de los muelles testers de diferentes países de la OTAN.

3.2.1 Rampas en el ET.

Para el estudio de las características de cada rampa, se han tenido en cuenta aquellas rampas de acceso perteneciente a los puentes de los que dispone el E.T.

Se han clasificado según el tipo de morfología y la función principal que tiene cada una de ellas. Estas estructuras podrían ser una solución como alternativa al actual muelle testero Transfer.

Será necesario realizar pequeñas modificaciones en sus elementos o en su instalación, con el fin de adaptarlo a las necesidades mencionadas en el apartado 1.2 Objetivos.

En este estudio se lleva a cabo un análisis cualitativo de las características de los puentes operativos en el Ejército [5], [6]. Además, para contrastar, se han añadido los dos últimos modelos de muelles testers en dotación. Se han realizado entrevistas al personal responsable de cada uno de los puentes que se encuentran disponibles en el RPEI N°12, donde se han extraído las siguientes conclusiones:

- Acceso Puente Bailey (*Figura 4*), este tipo de estructura permite una mayor capacidad de paso de vehículos. El inconveniente que presenta es la altura máxima que alcanza la rampa desde el suelo. Esta altura es inferior a 1.2 m (altura de la plataforma ferroviaria) con lo que sería necesario el uso de material adicional. Otro inconveniente es que sería necesario el uso de una máquina que permita mover las piezas por las vías férreas, con la ayuda de 1 pelotón³ (Pn).

³ Pelotón: Equipo de trabajo compuesto por 8 militares.



Figura 4 Rampa Mabey. **Fuente:** RPEI N°12

- PF-50 (*Figura 5*): No cumple la restricción de la clase exigida, siendo esta una condición imprescindible para el nuevo muelle testero. Esto imposibilita el uso que se le desea dar. Además de ser uno de los materiales más antiguos de los que dispone el RPEI N°12 y tiene previsión de ser dado de baja.



Figura 5 Rampa PF-50. **Fuente:** Autor.

- TYCE de Traviesas (*Figura 6*) requiere de un tiempo de montaje muy elevado, lo que retrasa demasiado la carga de vehículos. Esto implica tener que usar una vía muerta

para la carga y descarga del ferrocarril (que no sea transitada por trenes con frecuencia), ya que bloquea por completo la vía.

Otra característica desfavorable es la cantidad de personal necesario para su montaje. Son traviesas de madera, relativamente pesadas, que tienen que ser colocadas de manera específica a mano. Además, el uso de una máquina auxiliar no reduciría el tiempo de montaje.



Figura 6 Muelle TYCE. **Fuente:** Cía. de Ferrocarriles.

- Acceso Puente Flotante MAN: La capacidad de carga es de MLC 80 OTAN en ruedas y cadenas. Además de esto la rampa puede ser utilizada con una pendiente del 45%, muy superior al del puente Mabey.

Por otro lado, tiene el inconveniente de que la longitud de las traviesas que forman la rampa es de 5.42 m, con lo que, para alcanzar una altura de 1.20 m la pendiente que se obtiene es de un 12.80% (superando el 10% marcado como máximo). Esto dificultaría el embarque y desembarque.

Otro de los problemas surge en la elevación de la rampa. La rampa va sujeta a través de una eslinga en cada uno de sus laterales, a su vez, se requieren de unos postes y un brazo de suspensión en cada lateral (*Figura 7*).

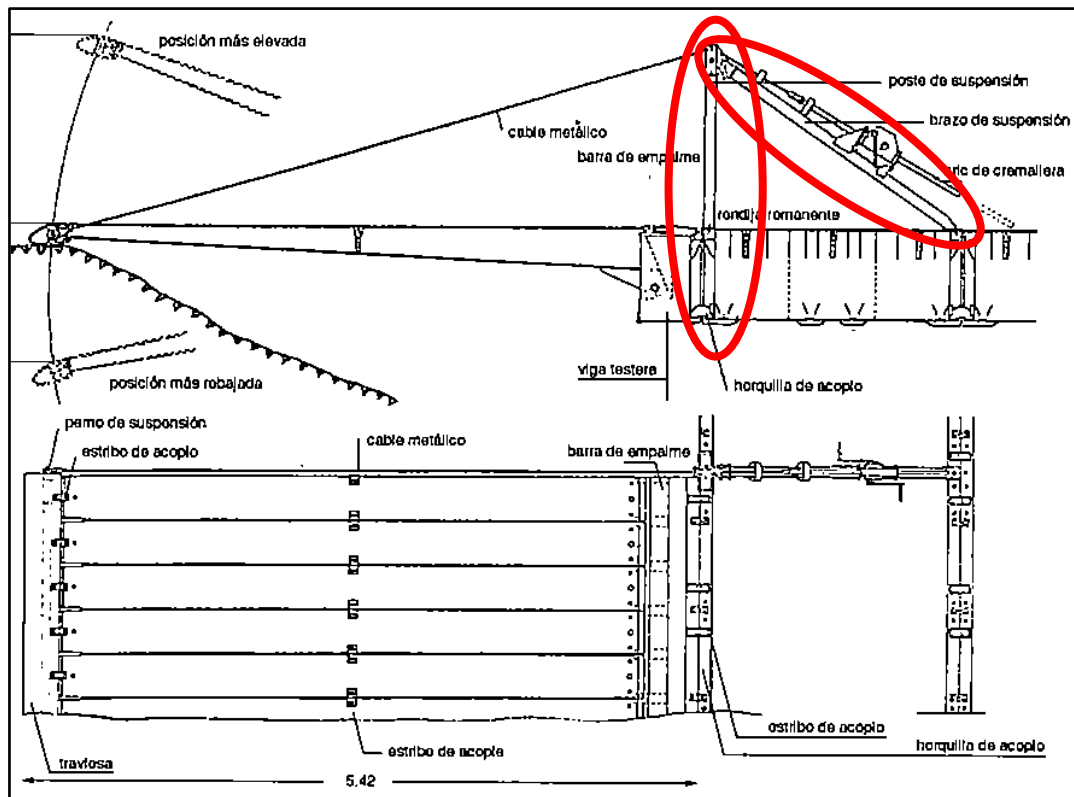


Figura 7 Rampa MAN. **Fuente:** Manual.

Los brazos y postes de elevación de la rampa de embarque dificultan en gran medida el paso de los vehículos a la Plataforma Militar Metálica Electrotren (PMME), que el E.T está utilizando en la actualidad.

Las PMME, tienen un ancho de 2.70 m, lo que imposibilitaría la simultaneidad de acoplar los brazos y los postes de suspensión sobre estas para poder cargar vehículos mecanizados y acorazados sobre las plataformas. Esto es inviable ya que la mayoría de vehículos superan los 2.70 m, de anchura, como podemos ver a continuación [7]:

- Centauro: 2.85 m.
- Pizarro: 2.97 m.
- TOA: 2.69 m.
- M-60: 3.68 m.
- M-47: 3.65 m.
- Leopard: 3.45 m.
- BMR: 2.50 m.
- ATP: 3.20 m.

Además, las plataformas deberían sufrir modificaciones para poder adaptar el brazo y el poste de suspensión sobre las plataformas. Cualquier modificación que se requiera hacer sobre las plataformas debe estar autorizada y homologada por ADIF/RENFE, con su consiguiente trámite y aprobación para poder circular por las vías de tren españolas.

- **Transfer:** Este muelle tiene una MLC 70 OTAN. Actualmente no puede circular por las vías españolas por falta de homologación. Aunque se están realizando modificaciones, estas van encaminadas a mejorar la seguridad y en ningún caso a aumentar la clase del muelle testero Transfer. Además, realizar el trámite anterior requiere de un tiempo excesivo (apréciese en su “Pliego de Prescripciones Técnicas”, PTT [3]). Como se puede ver en el PPT, las mejoras empezaron a proponerse en el año 2007 y en la actualidad continúan tramitándose. Iniciar otro proyecto de mejora para aumentar la clase del muelle Transfer dejaría de ser una posible solución a este proyecto a corto plazo como así lo exigen las necesidades de las misiones en las que España está involucrado y mencionadas anteriormente, ya que supondría una dilatación temporal aún más significativa que la actual.



Figura 8 Puente Mabey. **Fuente:** Sitio Web .

- **Acceso Puente Mabey (Figura 8):** Esta rampa, tiene la característica de que sus apoyos presentan una gran superficie horizontal. Esto facilitará la estabilización del muelle testero sobre las vías de ferrocarril, así como en los cambios de nivel existentes entre vías. La necesidad de utilizar una máquina auxiliar que permita mover las piezas

por las vías del ferrocarril será el único inconveniente de este material. No obstante, por sus características se presenta como la mejor alternativa válida para el estudio.

A modo de resumen de los elementos estructurales estudiados, en la siguiente *Tabla 1* Comparativa de las rampas de acceso de los puentes del E.T. Fuente: Elaboración propia. se puede contrastar las principales características, así como la capacidad de cada rampa.

Tabla 1 Comparativa de las rampas de acceso de los puentes del E.T. **Fuente:** Elaboración propia.

	Puente Mabey	Puente Bailey	PF-50	TYCE de traviesas	Puente Flotante MAN	Transfer
MLC OTAN cadenas	80	100	50	70	80	70
MLC OTAN ruedas	110	100	50	70	80	70
Tiempo de montaje	50´	50´	140´	360´	35´	12´
Personal necesario montaje	8 soldados	8 soldados	8 soldados	30 soldados	8 soldados	8 soldados
Medio usado montaje	Máquina	Máquina	Manual	Manual	Máquina	Mecánico
Transportable	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Mantenimiento	NO	NO	SI	NO	NO	SI
Material rampa	Metálica	Madera	Metálica	Madera	Metálica	Metálica
Elementos auxiliares	NO	SI	NO	NO	SI	NO

3.2.2 Muelles testers de otros ejércitos de la OTAN.

Tras valorar el material proporcionado por el Teniente José Luis Perea del RPEI N° 12 y la búsqueda de nueva información, se ha realizado un estudio de los muelles testers en dotación en otros países. Con ello se evalúa la posibilidad de adquirir un muelle testero ya existente.



Figura 9 Muelle testero del Ejército Francés. **Fuente:** Cía. de Ferrocarriles.

Los principales ejércitos que disponen de muelles testers en dotación son: el Ejército eslovaco, el noruego, el francés (*Figura 9*), el belga, el británico y el de los Estados Unidos [8] (ANEXO 1).

Las características principales de cada uno de los muelles testers de cada ejército son las siguientes (Tabla 2 Comparativa de muelles testers de los Ejércitos de la OTAN. Fuente: Elaboración propia.):

Tabla 2 Comparativa de muelles testers de los Ejércitos de la OTAN. **Fuente:** Elaboración propia.

Ejército	Francés	Eslovaco	Noruego	Belga	Reino Unido	Estados Unidos
Capacidad [Tm]	55-70	60	54.43 (Aprox.)	54.43 (Aprox.)	----	----
MLC	----	----	60	60	----	----

Sólo se dispone de la información mostrada, ya que cada ejército mantiene en secreto el material y características de su armamento y equipo, al ser información clasificada, con lo que no se ha podido disponer de más información. Los datos obtenidos son escasos e insuficientes para hacer una valoración más profunda de cara a una posible adquisición de estos muelles testers.

En conclusión, se tiene que descartar la opción de una nueva adquisición porque, en ningún caso, se cumple con los requisitos que se han planteado en el TFG, siendo la MLC OTAN un requisito esencial.

4 DESARROLLO DEL TRABAJO

Una vez realizado un estudio de los muelles testers de otros Ejércitos de la OTAN y habiendo valorado la posibilidad de adaptar algún material disponible en el ET, se ha procedido a analizar los elementos necesarios para montar el muelle testero.

Se han realizado las mediciones de cada una de las piezas necesarias para construir el muelle testero a partir de un puente Mabey disponible en el RPEI N°12. Para ello se han utilizado un flexómetro de 10 m, así como un escalímetro digital de pie de rey de 150 mm

como aparato de gran precisión. Para el resto de datos más generales como la designación de las piezas se han consultado los manual de montaje y mantenimiento del Puente Mabey [9], [10].

A continuación, se han modelado cada elemento en 3D mediante la herramienta informática Solidworks. Posteriormente se ensamblaron todas las piezas en un archivo de conjunto para comprobar el ajuste entre las piezas. Finalmente, se realizó un análisis de los esfuerzos máximos que pueden soportar los puntos más críticos del conjunto.

4.1 Análisis de las necesidades.

La principal necesidad que se ha planteado ha sido aumentar la MLC 70 OTAN del muelle testero Transfer a una MLC 80 OTAN. Para ello el sistema debe ser capaz de soportar un esfuerzo en el muelle testero de 711.77 KN sobre él.

Además, el muelle testero deberá tener una inclinación suficiente para poder cargar y descargar los vehículos de las plataformas de ferrocarril sin sobrepasar una pendiente que será como máximo del 10 %. Con una inclinación superior y unas condiciones atmosféricas no ideales (lluvia, hielo, barro...) dificultaría el ascenso de cualquier tipo de vehículo militar, tanto de ruedas como de cadenas en las plataformas del ferrocarril.

Otro de los aspectos a analizar es la viabilidad de poder ser almacenado en un contenedor ISO para su transporte. Se tendrá en cuenta el tipo de plataformas que se utilizan en la Cía. de Ferrocarriles para los transportes de los vehículos (*Figura 10*), [9]. Éstas tienen una altura sobre la vía férrea de 1.20 m.



Figura 10 Plataforma PMME. **Fuente:** Autor.

Otra de las necesidades que se tendrán en cuenta es el tipo de contenedor disponible en el ET. Para el almacenamiento de los elementos del muelle testero se utilizarán los contenedores ISO de 20 Pies (*Figura 11*). Las dimensiones mínimas exteriores son 6.058x2.438x2.438 m y sus dimensiones interiores mínimas son 5.867x2.330x2.197 m [11]. Para los contenedores ISO de 40 Pies sus dimensiones mínimas son 1.2116x2.348x2.348 m. [12].



Figura 11 Contenedor ISO de 20 pies. **Fuente:** Sitio Web⁴

La razón de usar un contenedor ISO es facilitar su almacenamiento, transporte y además, la conservación de cada uno de los elementos que forman el muelle testero, no solamente en los desplazamientos, sino también en los períodos de inactividad en los que no esté siendo utilizado.

Para el transporte del contenedor ISO se precisará la plataforma de ferrocarril PMME, la cual tiene una longitud de 12.50 m, un ancho de 2.7 m, y a una altura sobre las vías férreas de 1.20 m.

La vía férrea tiene un ancho de vía variable, dependiendo de si es de ancho de vía Internacional, Ibérica o Española [13], aunque lo más común es encontrarse con las dos primeras: Internacional e Ibérica. Cada una de ellas tiene una distancia entre sus railes de 1.435 m y 1.668 m respectivamente.

⁴ Sitio Web: <http://moduaragon.com/contenedores/contenedores-mar%C3%ADtimos/iso-20/>

La Cía. de Ferrocarriles dispone de un reducido número de soldados para la entidad de una compañía, aunque su personal está cualificado para realizar sus cometidos, por lo que será necesario poder montar el muelle testero con tan solo un (1) Pn, siendo una restricción importante. Esto hace que las piezas deban ser livianas, ya que según la normativa de Manipulación Máxima de Cargas, manipuladas por personal entrenado y de manera ocasional, cada uno podrá levantar una carga máxima de 40 Kg [14].

4.2 Elección de estructura.

Una vez realizado el análisis de las estructuras de las distintas rampas de otros ejércitos, así como las rampas de los puentes disponibles en el ET, y con la finalidad de conseguir un muelle testero MLC 80 OTAN, se ha determinado que una buena elección para realizar este TFG, podría ser la rampa del Puente Mabey. De esta forma se puede aprovechar el material de dotación ya existente en la unidad y con ello reducir al máximo los costes fabricación.

Para poder utilizar este tipo de estructura y adaptarla a las necesidades establecidas en el TFG, ha de ser modificada y se deberán utilizar los elementos imprescindibles para conseguir un muelle testero a través del Puente Mabey.

Al minimizar el número de elementos necesarios se consigue reducir el peso de la estructura, así como su volumen. La reducción del volumen será un requisito imprescindible porque solo se dispone de un contenedor ISO de 20 pies, que irá sobre la plataforma PMME del ferrocarril.

Para poder montar el muelle testero a partir de la estructura del Puente Mabey, es necesario utilizar una máquina que transporte por las vías del tren los elementos más pesados.

El montaje del muelle testero no requiere de un conocimiento elevado para el acoplamiento de cada uno de sus elementos lo que facilita el montaje de la estructura. Se ha elaborado un manual de montaje (ANEXO 3) para secuenciar cada uno de los pasos que es necesario seguir y de esta manera minimizar los posibles errores, consiguiendo un montaje más rápido.

Por otro lado, el hecho de ser completamente desmontable permite su transporte en un contenedor ISO de acuerdo con los requerimientos establecidos facilitando su

almacenamiento y desplazamiento para, posteriormente, montarlo en cualquier lugar que sea necesario.

Otra de las ventajas es que estaría compuesto íntegramente con material militar disponible en el PEI N°12. Con esto se consigue una disposición más rápida de uso sin necesidad de una inversión por parte del Estado, en caso de tener que ser necesario para su despliegue en una misión tanto dentro como fuera del Territorio Nacional, sin implicar un coste económico adicional para el Ministerio de Defensa.

Otra de las razones por las que se han elegido las piezas del puente Mabey para hacer el muelle testero es que este tipo de estructuras que fabrica la casa Mabey cuentan con un gran prestigio a nivel mundial, así como entre los principales ejércitos de la OTAN. Mabey asegura que sus materiales cuentan con estrictos controles de calidad, lo que da una mayor confianza de los materiales que usan en la fabricación de cada componente de la rampa y de su calidad, como así está demostrado en las misiones en las que se ha tenido que usar este tipo de puente.

4.3 Muelle testero: Rampa Mabey.

La rampa del puente Mabey está diseñada para ser utilizada en conjunto con la estructura del puente propiamente dicha, por lo que será necesario calcular la estructura y posteriormente, calcular si soporta los esfuerzos del paso de vehículos de MLC 80 OTAN. El Puente Mabey, dispone de una rampa regulable en altura a través de un poste de rampa NLC 19543 (*Figura 12*). Lo que permite obtener la altura deseada para poder embarcar los vehículos en las plataformas PMME.

Se ha realizado una estimación en el tiempo de montaje, mediante una consulta al personal que dispone de este puente, la Cía. de Puentes Fijos. Tras valorar los elementos necesarios para su montaje, se estima que es capaz de montar el muelle testero, independiente de la estructura del propio puente, en tan solo 50 minutos, lo que posibilitará una posterior carga o descarga de vehículos de las plataformas de tren.

Para el montaje del muelle testero de una manera rápida y eficaz, será suficiente con un (1) Pn. de la Cía. de Ferrocarriles. Esto se ajusta a las necesidades de la Cía.

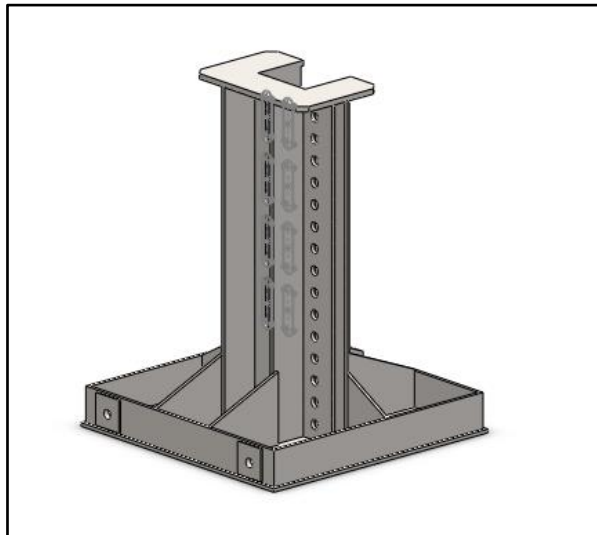


Figura 12 Poste Rampa NLC 19543. **Fuente:** Diseño propio.

4.3.1 Cálculo de la estructura

Tras un estudio en profundidad de las tipologías geométricas y constructivas de los elementos del puente Mabey, se ha ajustado el número de elementos necesarios del Puente Mabey que permitan lograr la altura de 1.2 m. Para ello se ha tenido en cuenta que la pendiente del muelle testero. Como se ha determinado anteriormente no debe superar un 10%. El muelle testero estará dividido en 4 zonas debido a los apoyos intermedios que hay que colocar para materializar la estructura en las vías.

Se han contemplado 4 tramos del muelle testero y se han calculado las pendientes que hay en cada uno de estos, obteniéndose las pendientes que a continuación se muestran en la *Figura 13*.

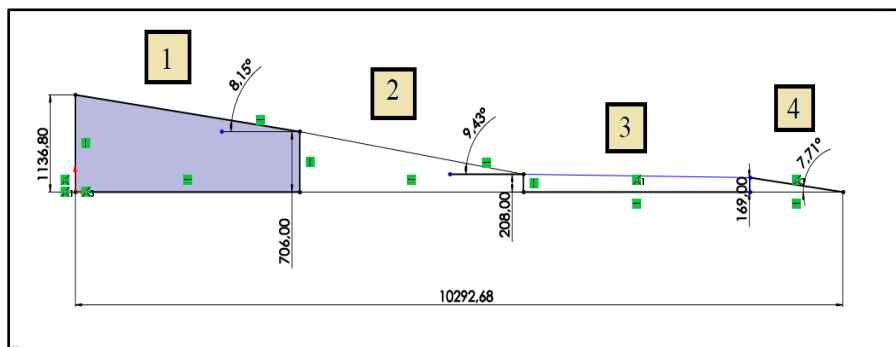


Figura 13 Pendientes de cada tramo del muelle testero. **Fuente:** Elaboración propia.

Una vez comprobadas las pendientes hemos podido constatar que ninguna de ellas es superior al 10%, con lo que los vehículos de cadenas y de ruedas podrán ascender por el muelle testero sin dificultad.

Ha sido necesario utilizar una serie de elementos estructurales, los cuales serán aprovechados del puente Mabey [10]. A continuación se muestran los elementos mas importantes con sus características:

- Travesero de acero, equivalente a BS 4360 Acero Estructural Soldable de nivel de calidad 55C y EN 10113 de nivel de calidad S460N (*Figura 14*).

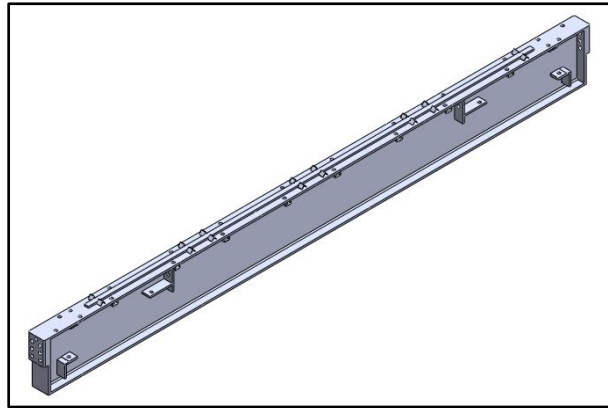


Figura 14 Travesero rampa intermedia NLC 19542. **Fuente:** Diseño propio.

- Elementos estructurales principales son postes de rampa, enrejado superior (*Figura 15*) y placa de apoyo de la base de la rampa. Están fabricados con acero equivalente BS 4360, Acero Estructural Soldable de nivel de calidad 50A o de EN 10025 de nivel de calidad S355JR.

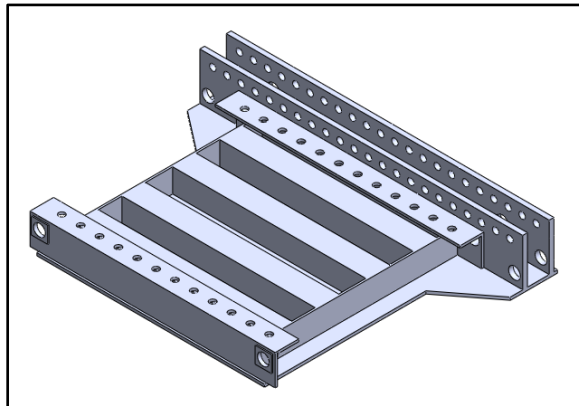


Figura 15 Enrejado superior NLC 19535. **Fuente:** Diseño propio.

- Componentes y elementos estructurales menores de acero equivalente BS 4360 Acero Estructural Soldable de nivel de calidad 43A o de EN 10025 de nivel de calidad S275.
- Pernos, tornillos y tuercas fabricados en acero BS 3692.

Todos los componentes de la rampa están galvanizados en caliente BS en ISO 19713 y 1461 ASTM A123, con un grosor mínimo de acero:

- Para elementos estructurales principales de 5 mm.
- Para cualquier elemento estructural menor será de 4 mm.

Además, todos los elementos tienen un tratamiento superficial de protección según:

- Componentes estructurales están Galvanizados en caliente BS 5493 o UNE 37508.
- Pernos y tuercas están Galvanizados con fuerza centrifugadora BS EN 1461 o UNE 37507.

La soldadura según acuerdo BS EN 287.

El acero de cada una de las piezas es de alta capacidad de resistencia mecánica a los esfuerzos cortantes que serán producidos en la entrada o salida de vehículos.

El galvanizado en caliente⁵ [15] proporciona una vida útil superior a cada una de las piezas que forman el muelle testero, dando una protección frente a la corrosión del acero, evitando el deterioro contra agentes atmosféricos (oxígeno, ácidos y sales) y otros como el agua. Con esto se consigue prolongar su mantenimiento hasta los 100 años ante la corrosión del acero. Esto hace que esta sea una buena alternativa para la construcción del muelle testero y posibilita la carga o descarga de vehículos en caso de ser necesario su uso fuera de TN.

Para poder realizar el cálculo de la estructura ha sido necesario modelar cada pieza a través de la herramienta informática Solidworks. Posteriormente se han unido cada una de las piezas que forman el muelle testero con la finalidad de crear un modelo virtual en 3D, similar a la realidad, y con ello poder hacer un análisis de las tensiones que ha de soportar

⁵ Galvanizado en Caliente; <https://www.galesa.com/web/servicios-galesa/galvanizado-en-caliente-grandes-dimensiones.html>.

como elemento independiente el muelle testero, ya que inicialmente está diseñado para actuar en conjunto con el Puente Mabey.

Seguidamente, se ha procedido a aplicar una carga de 72.58 Tm, equivalente a una carga del vehículo más restrictivo de MLC 80 OTAN con una longitud de nueve (9) m de manera proporcional a cada elemento del muelle a estudiar.

La primera operación que se ha realizado ha sido el cálculo de los esfuerzos que se ejercen en los puntos más desfavorables. De éste modo se puede conocer cuál es la tensión de Von Mises, y cuáles son los desplazamientos que se van a producir sobre las principales piezas, así como el factor de seguridad (FDS) que ofrece la estructura.

Para simplificar los cálculos, se han realizado simulaciones de esfuerzos por elementos finitos de los elementos más críticos de la estructura (*ver sub-apartado 4.3.1*).

Los cinco elementos analizados de la estructura han sido, (*Figura 16*):

- **Tablero de rampa**, por considerarse que el carro de combate ejercerá contacto sobre la pieza de manera directa y podría ser el primer elemento en deformarse y no aguantar la fuerza que es ejercida por un vehículo de cadenas de MLC 80 OTAN, de color gris (1).
- **Placa de apoyo de la base de la rampa**, en él se apoya directamente los tableros de rampa en el inicio del muelle testero, en azul claro (2).
- **Travesero de la base de la rampa**, es el segundo apoyo de la estructura, por lo que se ha considerado como pieza fundamental en la misma, transmite los esfuerzos que sufre la estructura al suelo, en azul oscuro (3).
- **Conjunto de travesero de la rampa intermedia**, al igual que el travesero de la base de la rampa, también soportará el peso de la estructura de los tableros de rampa y del carro de combate distribuyendo el esfuerzo sobre el resto de la estructura debajo de ella, en color morado (4).
- **Conjunto de travesero de cabeza de rampa**, es el tercer apoyo de la estructura y por ende también debe considerarse en el análisis del estudio, al igual que los otros apoyos del muelle testero, representado en color verde (5).

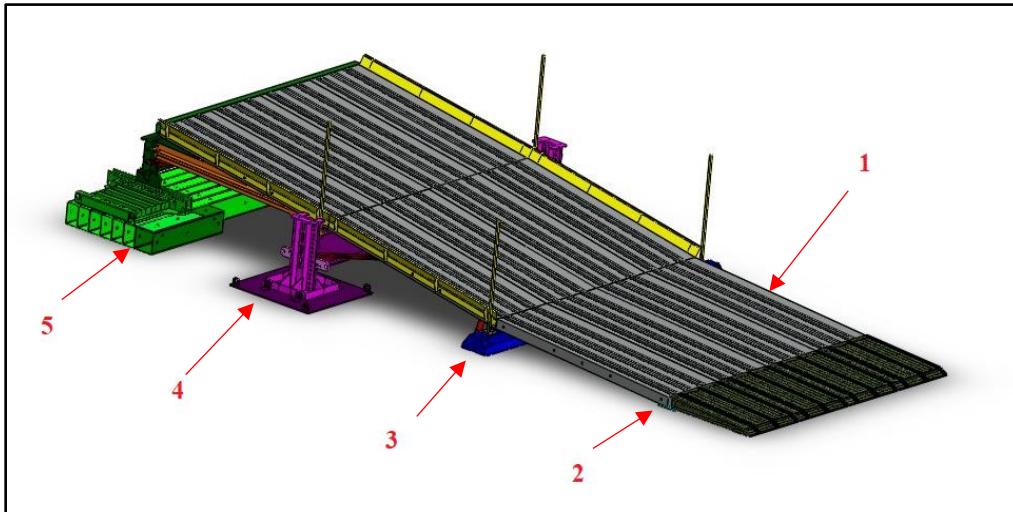


Figura 16 Estructura muelle testero. **Fuente:** Diseño propio

Se han analizado estos elementos, buscando un análisis de los posibles puntos más desfavorables e intentando dar una continuación al análisis de la estructura. Como se puede observar son elementos en contacto con la carga o los apoyos de la estructura.

Se ha estimado la carga en diferentes situaciones en las que podría encontrarse el muelle testero, con una masa de 72.58 Tm encima de la estructura. La rampa tiene una longitud de 10.62 m. Para el estudio se ha considerado que el carro de combate tiene una longitud de 7.7 m, ya que el de mayor tonelaje del ET, en la actualidad, es el Leopard 2E, el cual tiene una longitud de 7.7m y un peso de 63 Tm.

Para cada uno de estos elementos o conjuntos de elementos se ha realizado un análisis de cargas estáticas de:

- Tensiones de Von Mises.
- Deformaciones unitarias equivalentes.
- Desplazamientos.
- Factor de seguridad.

A continuación, se muestra un resumen del análisis realizado a los elementos mencionados anteriormente. Además, en el ANEXO 2 se muestran con mayor detalle, todos los cálculos obtenidos, así como diferentes figuras de los esfuerzos que sufren.

Lo primero que se ha calculado, ha sido el tablero de la rampa NLC 19546 (*Figura 23*). Se ha realizado una estimación de la superficie del tablero y la carga que se le ejerce cuando el vehículo esté sobre este. Para ello, se ha considerado una carga aproximada de 119 KN/tablero, distribuida sobre toda la superficie del tablero de la rampa. Para obtener este dato se ha tomado el máximo peso que debe soportar la estructura para un vehículo de MLC 80 OTAN, siendo este un peso de 72.58 Tm. El vehículo apoyará cada cadena sobre tres (3) tableros, cada tablero tiene tres (3) m.

$$\text{Peso ejercido por tablero} = \frac{72.58 \text{ Tm}}{18 \text{ m lineales de tablero}} \times 3 \text{ m lineales cada tablero} = 12,096 \text{ Tm tablero.}$$

$$\text{Esfuerzo ejercido por tablero} = 12.096 \text{ Tm} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 118.6683 \text{ KN} \approx 119 \text{ KN.}$$

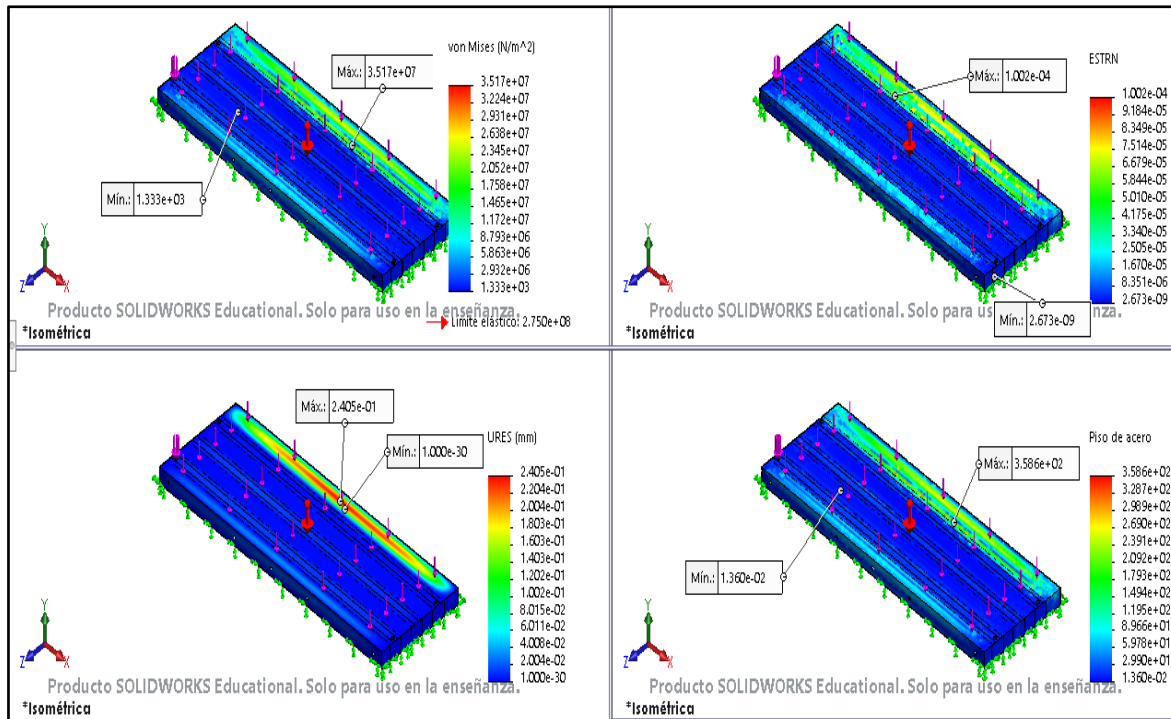


Figura 17 Análisis Tablero rampa NLC 19546. **Fuente:** Elaboración propia.

Como se muestra en la *Figura 17* la tensión máxima obtenida es de $3.517 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, siendo el límite elástico para este elemento de $2.7 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (según su material), lo que implica un FDS mínimo de uno (1), en el centro del tablero, como era de esperar. Esto supone que el material aguantará sin llegar a deformarse, ni llegar a la rotura en estas condiciones. Así mismo se ha obtenido una deformación máxima de 0.1 mm.

Otro de los elementos que se ha calculado, ha sido la placa de apoyo de la base de la rampa NLC 19545 (*Figura 53*). Esta pieza va colocada al inicio del muelle testero como podemos ver en el manual de montaje realizado para este trabajo en el ANEXO 3.

Para realizar la simulación de esfuerzos sobre esta pieza, se ha colocado una carga distribuida a lo largo de toda la placa de apoyo de la base de la rampa de valor 119 KN. Para obtener este dato se ha procedido igual que en el cálculo anterior, tomado el máximo peso que debe soportar la estructura para un vehículo de MLC 80 OTAN. En este caso tiene tableros a ambos lados y de distintos tamaños, siendo estos de tres (3) m y 1.328 m. Se ha estimado que cada tablero transmite al apoyo de la base de la rampa la mitad de su longitud.

$$\text{Longitud tableros} = \frac{3 \text{ m}}{2} + \frac{1.328 \text{ m}}{2} = 4.328 \text{ m}.$$

$$\text{Peso ejercido por los tablero} = \frac{72.58 \text{ Tm}}{18 \text{ m lineales de tablero}} \times 4.328 \text{ m lineales cada tablero} = 17,45 \text{ Tm tablero}.$$

$$\text{Esfuerzo ejercido sobre la base de la rampa} = 17.45 \text{ Tm} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 171.198 \text{ KN} \approx 172 \text{ KN}.$$

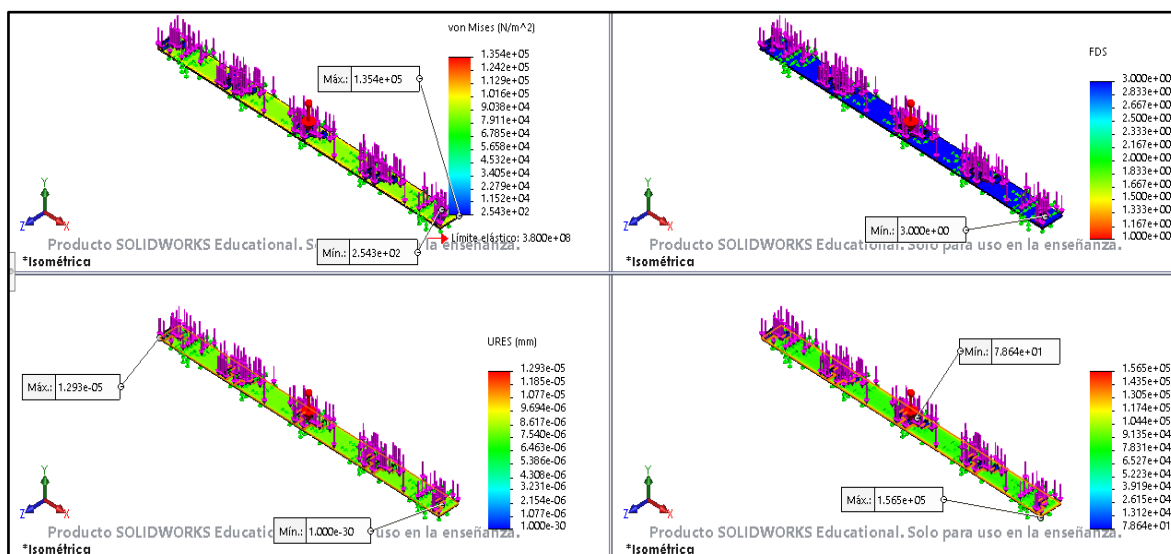


Figura 18 Análisis Placa apoyo base rampa NLC 19545. **Fuente:** Elaboración propia.

Como se muestra en la *Figura 18* la tensión máxima obtenida es de $1.354 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, siendo el límite elástico para este elemento de $3.8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (según su material), lo que implica un FDS mínimo mayor que 1. Esto supone que el material aguantará sin llegar a deformarse, ni llegar a la rotura en estas condiciones. Así mismo se ha obtenido una deformación máxima de $5.504 \times 10^{-4} \text{ mm}$.

Para seguir una progresión en el análisis de la estructura se ha continuado con el travesero de la base de la rampa NLC 19548 (*Figura 50*), se ha realizado una estimación del esfuerzo que deberá soportar al paso del vehículo de la MLC 80 OTAN. Se ha calculado un esfuerzo de 238 KN de una carga distribuida de manera uniforme sobre la superficie superior del travesero. Para el cálculo se ha tenido en cuenta que a ambos lados del travesero hay tableros y estos transmiten una carga hacia este. A su vez cada tablero transmite la mitad de su longitud al travesero.

$$\text{Longitud tableros} = \left(\frac{3 \text{ m}}{2} + \frac{3 \text{ m}}{2} \right) \times 2 = 6 \text{ m}.$$

$$\text{Peso ejercido por los tablero} = \frac{72.58 \text{ Tm}}{18 \text{ m lineales de tablero}} \times 6 \text{ m lineales cada tablero} = 24,1933 \text{ Tm tablero}.$$

$$\text{Esfuerzo ejercido en el travesero} = 24.1933 \text{ Tm} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 237.33 \text{ KN} \approx 238 \text{ KN}.$$

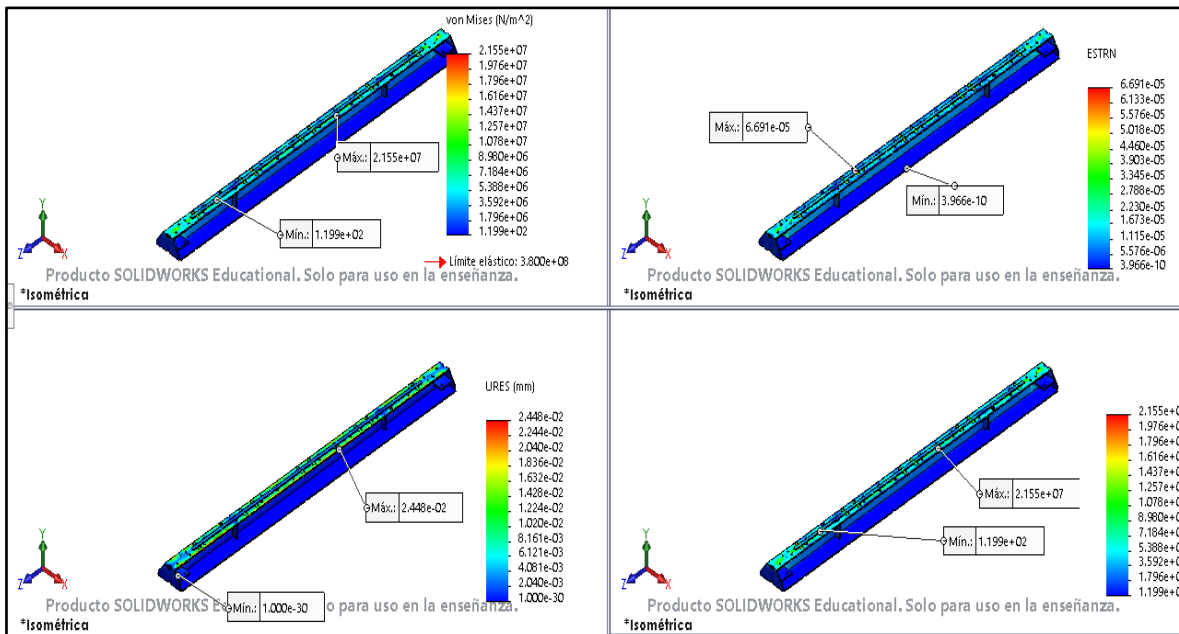


Figura 19 Análisis Travesero de la base de la rampa NLC 19548. **Fuente:** Elaboración propia.

Como se muestra en la *Figura 19*, la tensión máxima obtenida es de $2.155 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, siendo el límite elástico para este elemento de $3.8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (según material utilizado), lo que implica un FDS mínimo de 1.763. Esto supone que el material aguantará sin llegar a deformarse, ni llegar a la rotura en estas condiciones. Así mismo se ha obtenido una deformación máxima de $6.691 \times 10^{-2} \text{ mm}$.

Con el objetivo de seguir una evolución a los elementos estudiados, se ha procedido a analizar un conjunto de varios elementos que forman una zona intermedia del muelle testero y que se han considerado importantes su estudio en conjunto, como así lo demuestra el estudio obtenido a través de la herramienta Solidworks.

El conjunto de elementos denominado MT80.02.00 (*Figura 63*) está formado por la placa de soporte del poste de la rampa NLC 19544 (*Figura 43*), postes de la rampa NLC 19543 (*Figura 12*), las placas de soporte del travesero NLC 19564 (*Figura 45*) y por el travesero de la rampa intermedia NLC 19542 (*Figura 46*).

Se le ha aplicado una carga distribuida en cuatro puntos del travesero de la rampa intermedia de valor 60 KN, por considerar que los vehículos que pasan por encima del muelle testero solo ejercen presión sobre cuatro zonas a modo de cargas distribuidas, uno a cada lado del travesero, como queda reflejado en el dibujo obtenido de Solidworks (*Figura 20*).

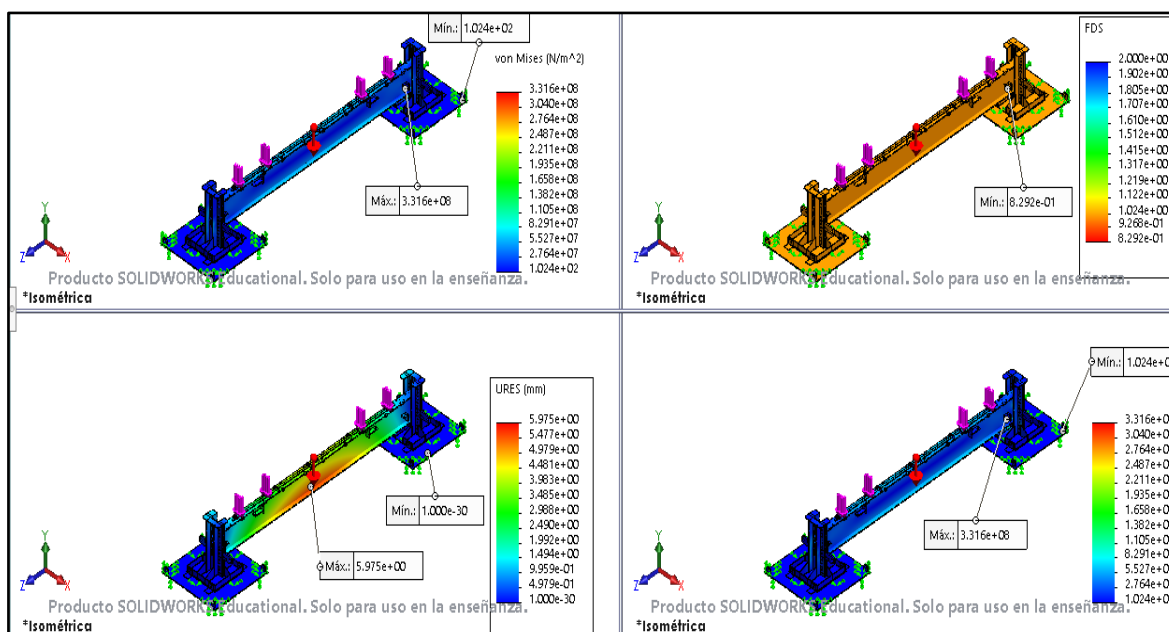


Figura 20 Análisis conjunto MT80.02.00. **Fuente:** Elaboración propia.

Para el cálculo se ha tenido en cuenta que a ambos lados del travesero hay tableros y estos transmiten una carga hacia este. A su vez cada tablero transmite la mitad de su longitud al travesero.

$$\text{Longitud tableros} = \left(\frac{3 \text{ m}}{2} + \frac{3 \text{ m}}{2} \right) \times 2 = 6 \text{ m.}$$

$$\text{Peso ejercido por los tableros} = \frac{72.58 \text{ Tm}}{18 \text{ m lineales de tablero}} \times \frac{6}{4} \text{ m lineales cada tablero} = 6,0483 \text{ Tm tablero.}$$

$$\text{Esfuerzo ejercido en cada zona del travesero} = 6.0483 \text{ Tm} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 59.33415 \text{ KN} \approx 60 \text{ KN.}$$

Como se muestra en *Figura 20* la tensión máxima obtenida es de $3.316 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, siendo el límite elástico para este elemento de $3.8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (según material utilizado), lo que implica un FDS mínimo de 0.83. Este dato aunque podría ser un problema, si analizamos la *Figura 20* con más detalle, vemos que corresponde a un lateral del travesero. A su vez observamos que la deformación máxima se produce en el centro del travesero con un valor de 5.975 mm y con un FDS superior a uno (1), esto indica que el valor mínimo de 0.83 del FDS no es preocupante en el punto que ha sido obtenido, donde apenas sufre deformación y puede ser algo puntual debido a la geometría.

Para finalizar el estudio se ha procedido a analizar otro bloque de elementos denominados MT80.01.00 (*Figura 62*). Este conjunto de elementos forma la parte del muelle testero más cercano a la plataforma PMME. Está formado por las seis vigas de apoyo NLC 19536 (*Figura 35*), las dos vigas de apoyo corta NLC 19537 (*Figura 37*) los dos enrejados superior NLC 19535 (*Figura 38*); **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** los dos ensamblajes del enrejado superior NLC 19540 (*Figura 39*), el travesero cabeza de rampa NLC 19534 (*Figura 40*) y dos placas de incremento de enrejado NLC 19539 (*Figura 41*).

Para hacer la valoración de este conjunto de elementos, se ha aplicado una carga distribuida en dos puntos del travesero de cabeza de rampa con valor de 59.5 KN, sobre cada una de las dos superficies que sufren el esfuerzo (*Figura 21*).

$$\text{Longitud tableros} = \left(\frac{3 \text{ m}}{2}\right) \times 2 = 3 \text{ m.}$$

$$\text{Peso ejercido por los tablero} = \frac{72.58 \text{ Tm}}{18 \text{ m lineales de tablero}} \times \frac{3}{2} \text{ m lineales cada tablero} = 6,048 \text{ Tm tablero.}$$

$$\text{Esfuerzo ejercido en cada zona del travesero} = 6.048 \text{ Tm} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 59.33 \text{ KN} \approx 59.5 \text{ KN.}$$

Como se muestra en *Figura 21*, la tensión máxima obtenida es de $1.806 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, siendo el límite elástico para este elemento de $3.8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (según su material), obteniendo un FDS mínimo de uno (1). Esto supone que el material aguantará sin llegar a deformarse, ni

llegar a la rotura en estas condiciones. Así mismo se ha obtenido una deformación máxima de 0.6853 mm.

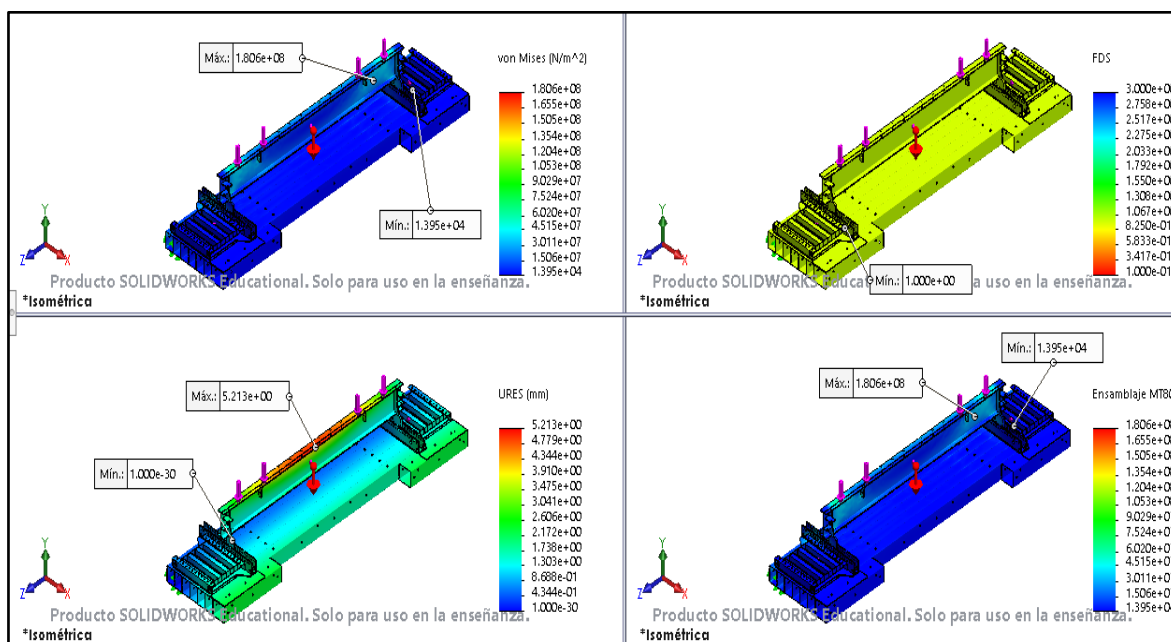


Figura 21 Análisis conjunto MT80.01.00. **Fuente:** Elaboración propia.

4.3.2 Almacenamiento en contenedor ISO.

Para el transporte y almacenamiento se han dispuesto cada uno de los elementos que componen la estructura, en un contenedor ISO de 20 pies⁶ siendo este el más utilizado en el Ejército aunque no el único. El Ministerio de Defensa adquiere distintos contenedores, según las necesidades, según lo que se desea almacenar en su interior.

En el almacenamiento se ha tenido en cuenta; el volumen que ocupa cada elemento, así como su peso. Se ha conseguido una reducción significativa del número de elementos que conforman el muelle testero y con ello una reducción del peso al que será sometido el contenedor y el volumen que ocupará en su interior.

Debido al número de piezas que son necesarias, se ha tenido que hacer una adecuada distribución del material para poder colocarlo en el interior del contenedor y de esta manera, conseguir que el contenedor este en equilibrio, con respecto de su centro de gravedad.

⁶ Contenedor ISO de 20 pies; Tiene una capacidad de carga mínima de 5.867X2.330X2.197m.

Se ha conseguido ajustar el centro de gravedad del contenedor cargado lo más centrado y bajo posible, con el objetivo de reducir el riesgo que puede ser producido en la maniobra de cargar o descargar el contenedor de la plataforma del ferrocarril.

La maniobra de cargar/descargar el contenedor es la más complicada para la máquina, debido a que la máquina cuando tiene que bajarlo, esta deberá pisar por encima de los raíles del ferrocarril. Esto podría producir un desequilibrio en el contenedor y en la máquina y con ello caer la carga sobre las vías del tren.

Por este motivo es necesario que cada uno de los elementos estén colocados en el interior del contenedor como se indica en la *Figura 22*.

Se ha realizado el modelado en 3D de un contenedor de 20 pies, a través de la herramienta informática Solidworks.

Dentro de él se han situado todas las piezas necesarias de forma ordenada, proporcionando una visión espacial de la distribución del interior del contenedor.

Además, se ha comprobado que es posible la colocación de cada uno de los elementos en el interior del contenedor, de una manera ordenada y lógica para poder montar el muelle testero.

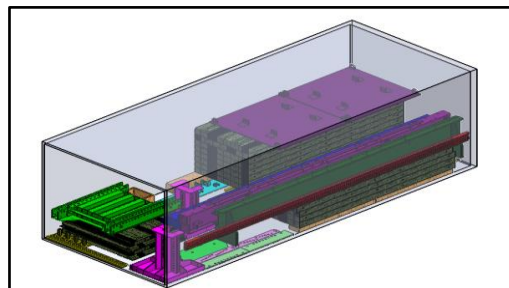


Figura 22 Contenedor ISO 20 pies, muelle testero desmontado. **Fuente:** Elaboración propia.

Se ha diseñado y elaborado la distribución de los elementos conforme a la prioridad en el montaje, dejando en la parte más baja (suelo del contenedor) los elementos que serán utilizados al final del montaje del muelle testero, de esta manera los elementos que componen el muelle testero no quedaran depositados sobre las vías a la espera de ser utilizados, evitando

accidentes. También se deberá tener en cuenta a la hora de desmontar el muelle, colocar las piezas en orden inverso al montaje, evitando manipular las piezas varias veces.

El piso de acero (*Figura 23*), es el suelo del muelle testero y está formado por 12 elementos. Cada uno de ellos tiene un gran volumen y han de colocarse al final del muelle testero, en los últimos pasos, como se explica en el manual de montaje que ha sido diseñado y creado para este proyecto y que ha sido añadido en ANEXO 3. Estos elementos presentan una superficie horizontal y permite garantizar una buena base para poder apilar más elementos sobre ellos.

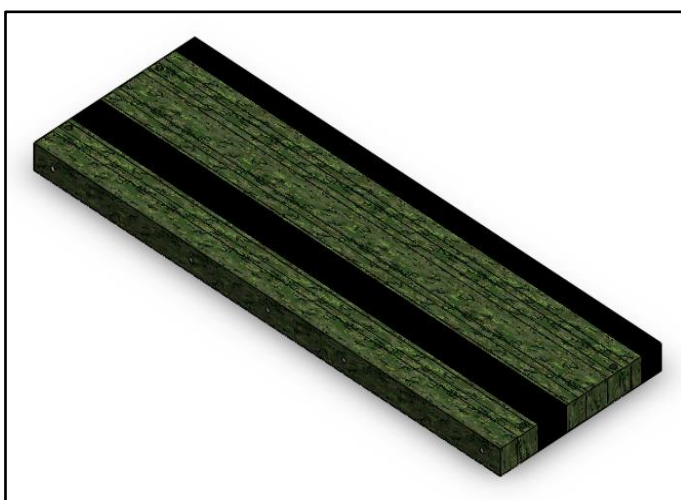


Figura 23 Tablero de la rampa NLC 19546. **Fuente:** Elaboración propia.

Los primeros elementos que han de colocarse son las vigas de apoyo largas y cortas, seguido del enrejado superior. Esta pieza pesa 293.75 Kg. Esta pieza se ha considerado que se encuentre lo más próxima a la puerta del contenedor, para ser utilizada a la mayor brevedad para el montaje del muelle testero.

Los únicos elementos que no pueden introducirse en el contenedor son las vigas de apoyo NLC 19536 (*Figura 35*) y las vigas de apoyo cortas NLC 19537 (*Figura 37*). Esto es debido a que las vigas de apoyo, tienen una longitud de 6.4 m, y esto hace que sea imposible introducirlas en el contenedor ISO de 20 pies, debido a que la longitud interior del contenedor es de 5.867 m, por lo que deberá ir fuera del contenedor.

Para poder transportar las vigas de apoyo se llevarán unidos entre si y listos para su montaje. La mejor disposición de estos elementos será llevarlos debajo de la máquina “Merlo”⁷.

La “Merlo” tiene una altura desde el suelo hasta la parte más baja de la máquina de 0.315 m esta altura, mientras que las vigas tienen una altura de 0.3 m, siendo esta diferencia de altura suficiente para poder colocar las vigas debajo de la máquina.

Las vigas irán amarradas a la plataforma mediante correas de amarre de 25 K, habitualmente utilizados para el transporte de vehículos militares sobre las plataformas PMME. En este tipo de transporte se utiliza el amarre vertical en los vehículos (*Figura 24*).



Figura 24 Correa de amarre. **Fuente:** Sitio Web⁸.

4.3.3 Cálculo de las cargas en el contenedor.

Una vez realizado el posicionamiento de cada una de las piezas, que formaran el muelle testero, en el interior del contenedor ISO de 20 pies se han analizado las cargas que se producen debido al volumen y a los pesos de cada uno de los elementos. Se ha obtenido su centro de gravedad del contenedor cargado, a través de la aplicación Solidworks.

Como se puede observar en la *Figura 25*, el centro de gravedad del contenedor se encuentra por debajo de la mitad del contenedor, a una cota de 760 mm, menos de la mitad de la altura del contenedor y prácticamente centrada la carga. Esto aumenta la seguridad tanto

⁷ Merlo: Máquina de carga telescópica, autopropulsada, con un brazo retráctil destinado a manipular cargas. Se define con más detalle en el apartado posterior.

⁸ Sitio Web: <https://eslingasycinchas.com/>

en el transporte como en la manipulación por parte del operador de la máquina en la carga o descarga del mismo.

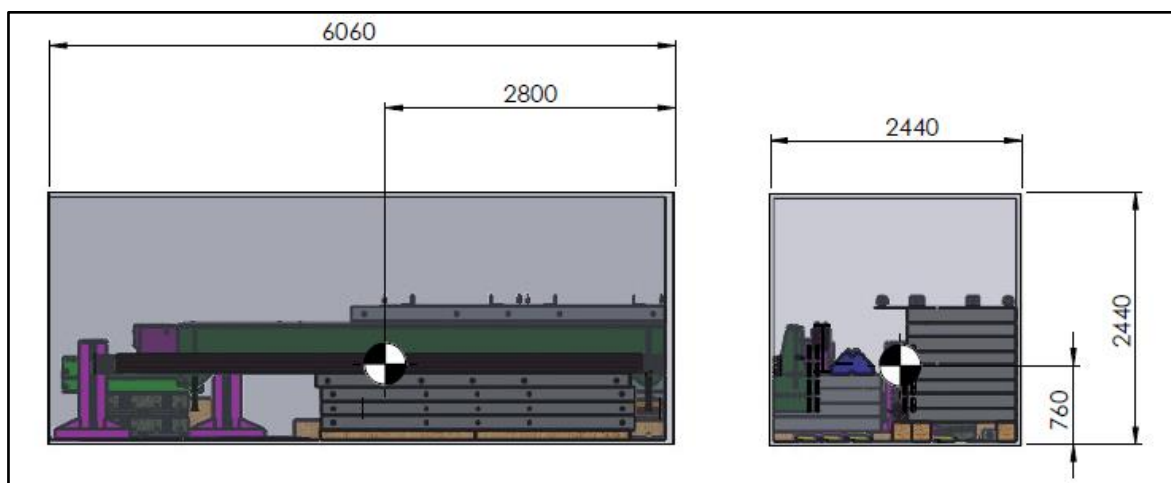


Figura 25 Centro de gravedad del Contenedor ISO 20 PIES cargado. **Fuente:** Elaboración propia.

El ANEXO 4 muestra con más detalle los elementos introducidos en el contenedor y varias vistas con su centro de gravedad.

4.3.4 Máquina Merlo de 10K

Para el montaje del muelle testero es necesario la colaboración de una máquina de carga y elevación de materiales. Esto es debido a que algunas de las piezas que forman el muelle testero sobrepasan los 500 Kg.

Según la normativa de seguridad en el trabajo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración, la guía técnica del INSHT⁹ y la MMC [14]. El RD 487/1997, establece que una persona normal puede transportar una carga máxima de 25 Kg y si son trabajadores entrenados y realizan un esfuerzo de manera puntual este puede llegar a alcanzar los 40 Kg, siendo este el caso o la situación máxima.

Conforme a la normativa mencionada en el párrafo anterior no es posible montar el muelle testero con un (1) Pn, sin el apoyo de una máquina. Se ha optado por la máquina telescópica Merlo 10K disponible en el RPEI N°12. Tiene unas dimensiones de 2.34 m de ancho, una longitud (incluyendo el implemento de carga) de 6.6 m y una altura de 3.1 m. Estas medidas permiten transportar el contenedor ISO de 20 pies y la Merlo en la misma

⁹ INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

plataforma de ferrocarril PMME, tal como está representado en la *Figura 26*. La Merlo tiene una capacidad de carga y elevación hasta 6000 Kg. Siendo esto suficiente para poder mover los elementos que conformaran el muelle testero [16].

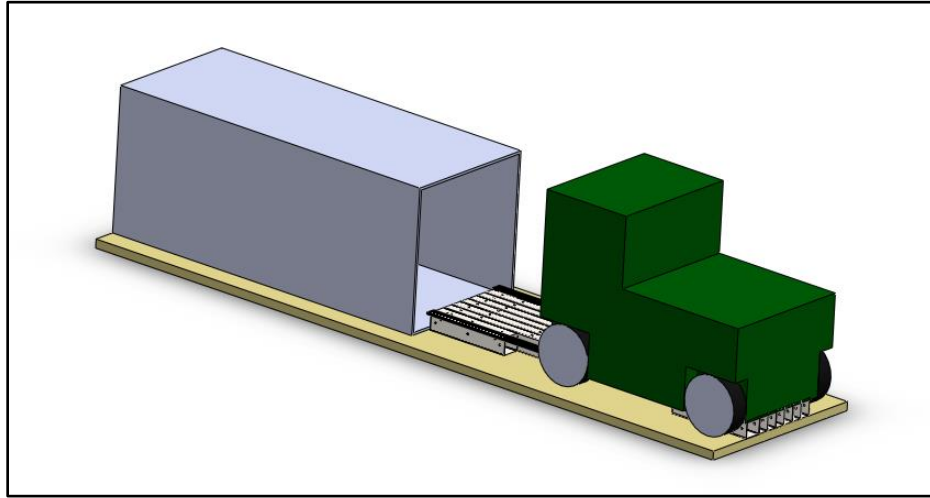


Figura 26 Merlo y contenedor ISO de 20 Pies en plataforma PMME. **Fuente:** Elaboración propia

5 MANUAL DE MONTAJE MUELLE TESTERO.

Se ha elaborado un manual donde se recogen cada uno de los pasos a seguir para realizar el montaje del muelle testero a partir de la rampa del puente Mabey. El orden de colocación ha sido determinado por los consejos del personal encargado del mantenimiento y conservación del puente Mabey. Además, se incluye una serie de consejos que facilitarán el ensamblaje. Esto permite al personal encargado de la colocación una mayor agilidad y a su vez se evitarán errores que retrasen o dificulten el ensamblaje del muelle testero.

Cada uno de los pasos desarrollados a continuación darán lugar a la colocación de todos los elementos, comenzando por la primera viga de apoyo NLC 19536 (Color verde), hasta la poner la última pieza, el poste indicador de rampa NLC 25030 (Color amarillo), obteniendo el resultado final del muelle testero tal y como se muestra en la *Figura 27*.

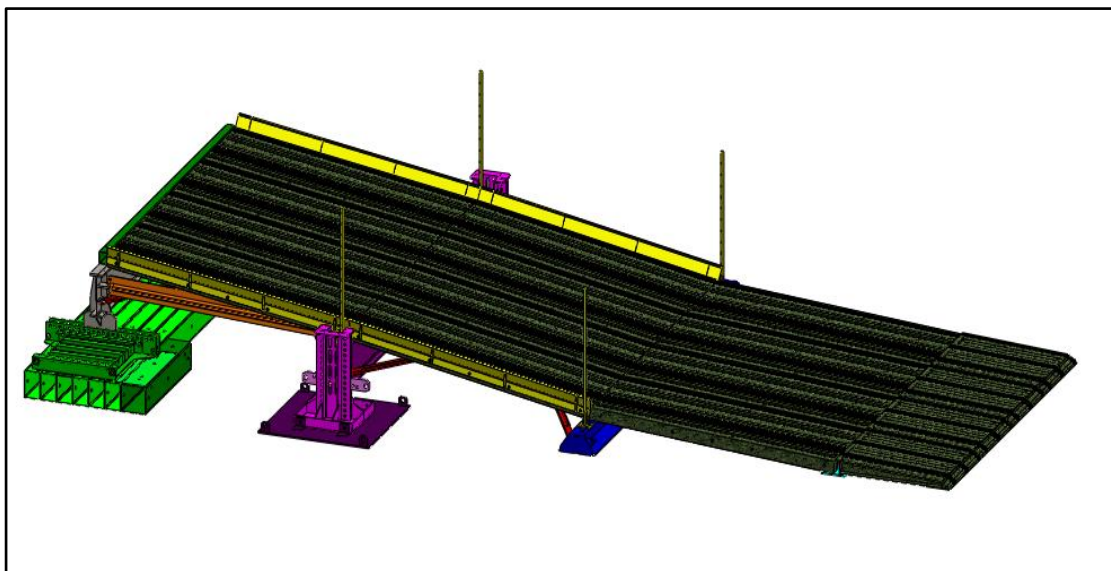


Figura 27 Muelle testero transportable. **Fuente:** Diseño propio

El manual está recogido en el ANEXO 3. Donde podrá ser consultado en mayor detalle para el montaje del muelle testero transportable.

6 CONCLUSIONES.

El muelle testero Transfer actualmente tiene dos limitaciones importantes, una es la falta de homologación para poder realizar desplazamientos en su PMME por las vías españolas del ferrocarril y la otra que no tiene capacidad para vehículos de MLC 80 OTAN como empieza a ser necesario disponer en las misiones que está inmerso nuestro ejército hoy en día. En este trabajo se ha revisado las diferentes alternativas para poder dar una solución a posibles misiones de la OTAN en la que esté involucrada España.

Como solución viable se propone utilizar la rampa del puente Mabey ajustándola a nuestras necesidades como muelle testero.

Para ello, se ha utilizado para realizar los cálculos el programa informático Solidworks, y del desarrollo de esta memoria, se han podido alcanzar los objetivos propuestos.

Se ha dado una solución al elevado peso de alguna de las piezas, en la manipulación de las cargas a través de una maquina telescópica “Merlo” adicional que deberá ser transportada junto con el contenedor, tal y como se ha determinado en la memoria.

El RPEI N.º 12, donde se encuentra la Cía. de Ferrocarriles, dispone de varias máquinas de este tipo, al igual que dispone del dos (2) puentes Mabey, de donde se obtendrían los elementos necesarios que conformaran el muelle testero.

Una vez comprobado de manera analítica los resultados obtenidos a través de la aplicación Solidworks, mediante el diseño del contenedor y de cada uno de las piezas, se ha podido constatar que es posible el uso de un contenedor ISO de 20 pies para el transporte de cada uno de los elementos, excepto de la viga de apoyo NLC 19536 (*Figura 35*) y NLC 19537 (*Figura 37*), como así ha quedado reflejado en los apartados anteriores del TFG. Aunque estas vigas al principio supusieron un problema de transporte, se pudo encontrar una solución y con ello una alternativa necesaria para el transporte, fuera del contenedor.

La elección de utilizar las piezas del puente Mabey, ha permitido la construcción del muelle testero de la clase exigida. Mediante el análisis de las necesidades requeridas del TFG y adaptando las piezas al nuevo uso, se han obtenido los resultados de los esfuerzos producidos en cada elemento analizado, siendo estos satisfactorios para vehículos de la MLC 80 OTAN.

Otra de las ventajas de utilizar material militar reglamentario y adaptarlo a nuestras necesidades ha sido un importante ahorro económico, esto hubiera supuesto un coste elevado en la fabricación del muelle testero con las características y dimensiones requeridas, en el caso que hubiera sido necesario su fabricación en una empresa privada.

Se ha elaborado un manual de montaje (ANEXO 3) que facilita la labor del personal encargado de montarlo, facilitando el trabajo del personal que vaya a unir cada elemento del muelle testero, pudiendo seguir estas indicaciones y montarlo de manera rápida y eficiente.

7 LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO.

Como línea de trabajo futura se propone realizar el montaje de la rampa con lo que se ha propuesto y comprobar la capacidad de transporte planteada.

Otra línea de trabajo paralela sería el desarrollo de un nuevo muelle testero desmontable. Esta alternativa tendrá un coste adicional económico, pero tendría la ventaja de tener operativo el puente Mabey en caso de necesidad.

Otra posible línea de trabajo paralela será el estudio de un material que pueda proteger la vía férrea, sin dañarla, durante las operaciones de carga o descarga del tren como es el PedeStrail¹⁰ (Figura 28). Este tipo de producto está fabricado de caucho de alta resistividad y puede ser montado y desmontado rápidamente. Lo que permite el paso de vehículos por encima del material sin dañarlo y puede ser transportado en el mismo contenedor.



Figura 28 Pedestrail. **Fuente:** Sitio Web.

¹⁰ PedeStrail: <https://www.youtube.com/watch?v=xr qx2UbZNsg>

8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. J. Basanta Pérez, «El muelle <<Transfer>> un testero transportable por ferrocarril,» *Ejercito*, nº 524, p. 11, 1983.
- [2] *Memorial del arma de ingenieros. El muelle testero Transfer*. [Performance]. 1987.
- [3] D. d. mantenimiento, «Pliego de prescripciones técnicas. Modificación de dos muelles "Transfer",» Guadalajara, Agosto 2017.
- [4] NATO, «MILITARY LOAD CLASSIFICATION OF BRIDGES, FERRIES, RAFTS AND VEHICLES,» NATO, 2017.
- [5] M. d. a. y. doctrina, M-4-5-5 Puente Bailey y ancho, Febrero 1974.
- [6] E. m. d. ejercito, *MT6-401 Puentes. Características Técnicas*, Madrid, Diciembre 1994.
- [7] A. a. velocidad, *C-41 Normas para el transporte de vehículos militares de características excepcionales*, Septiembre 2012.
- [8] T. C. Cihargir Aksit, *Technical Aspects of the transport of military materials by Railroad*, OTAN, 2011.
- [9] M. d. a. y. doctrina, *MT6-405 Manual técnico puentes*, Granada: Dirección de servicios técnicos del ejército, Marzo 2000.
- [10] E. m. d. ejercito, Manual técnico. Puente Logístico Compact 200 con carril único extra ancho, Inglaterra, Febrero 2001.
- [11] M. d. a. l. d. ejercito, «Pliego de prescripciones técnicas. Adquisición de contenedores de carga de 20 pies.,» Madrid, Febrero 2018.

- [12] Norma ISO 6346. Normativa contenedores.
- [13] R. trenvista, “Trenvista,” Trenvista, 27 abril 2015. [Online]. Available: <https://www.trenvista.net/descubre/mundo-ferroviario/ancho-iberico-otros-anchos-de-via-espana/>. [Accessed 20 10 2018].
- [14] M. d. t. e. inmigracion, *Manipulacion manual de cargas. Guia técnica*, 2003.
- [15] American Galvanizers association, «<https://galvanizeit.org/>,» 2015. [En línea]. Available: https://galvanizeit.org/uploads/publications/Galvanizado_Caliente_guia_especificador_small.pdf. [Último acceso: 24 09 2018].
- [16] M. s. I. Metalmeccanica, *Manual Instrucciones para el uso y el Mantenimiento*, Italia.

ANEXO 1. MUELLES TESTEROS UTILIZADAS EN OTROS EJÉRCITOS.



Figura 29 Rampa Transportable Ejército Francés. **Fuente:** Cía. de Ferrocarriles.

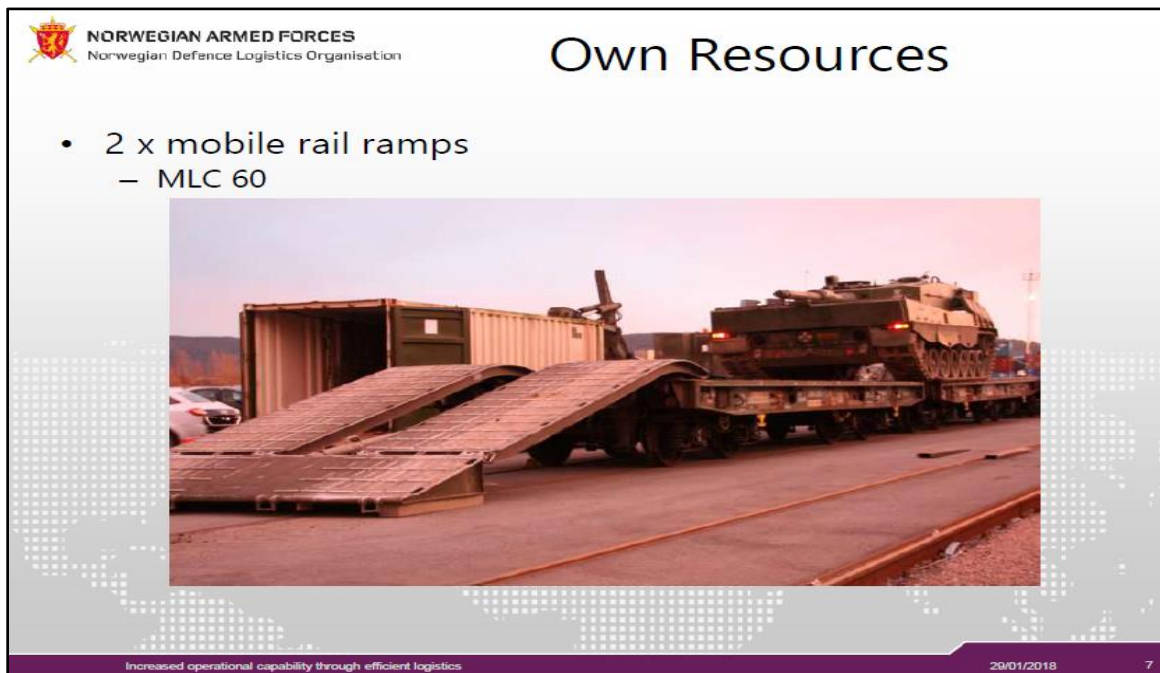


Figura 30 Rampa Transportable Ejército Noruego. **Fuente:** Cía. de Ferrocarriles.



2. Possible railway offers to other nations

a. Military railway capacities

- No owned or annual rented wagons
- 4 EA mobile ramps : tracked Veh : MLC60, wheeled Veh : MLC 40 (47T)



- 1 EA mobile loadplatform

.be

Figura 31 Rampa Transportable Ejército Belga. **Fuente:** Cía. de Ferrocarriles.

SVK

National update 1st Railway workshop 10/11 May 17

Military railway capacities

2 Mobile Head Ramps up to 60 t

- available for MCCE members,
- payment only in ATARES / SEOS



3 locomotives (operated only on military railroad)

Figura 32 Rampa Transportable Ejército Eslovaco. **Fuente:** Cía. de Ferrocarriles.



Figura 33 Rampa Transportable Reino Unido. **Fuente:** Cía. de Ferrocarriles.



Figura 34 Rampa Transportable Norte Americana. **Fuente:** Cía. de Ferrocarriles.

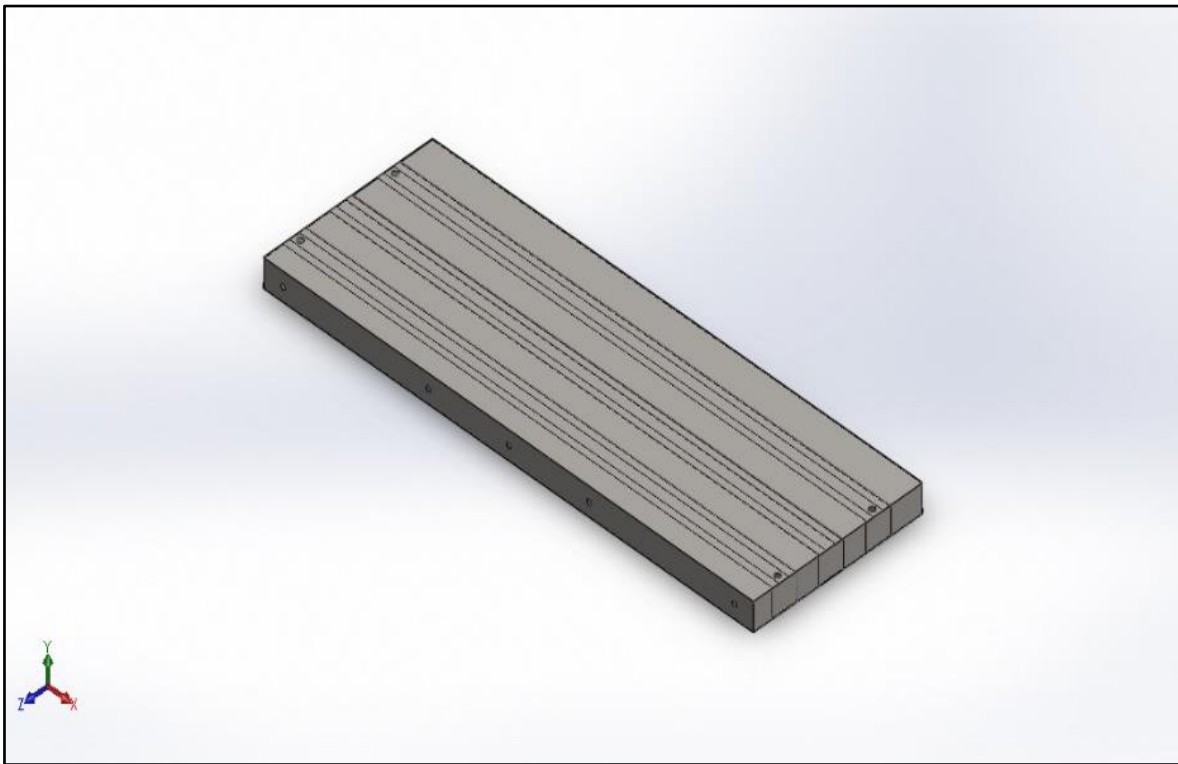
ANEXO 2. OPERACIONES DE CÁLCULO REALIZADAS DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DEL MUELLE TESTERO

Simulación de Piso de acero (tableros rampa) NLC 19546

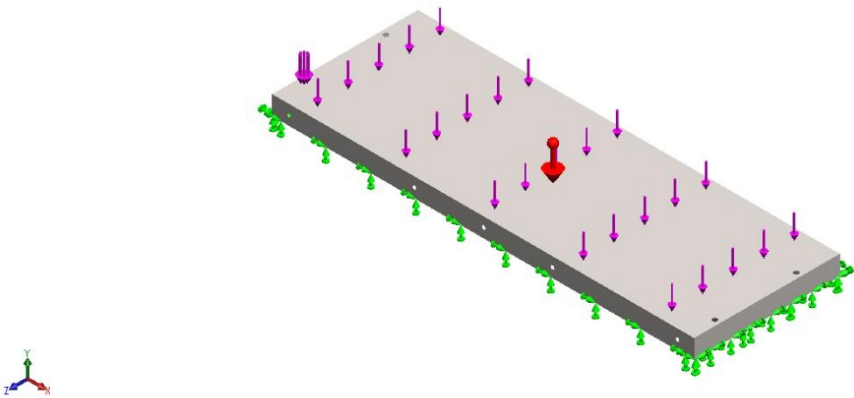
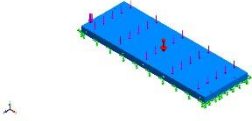
Diseñador: CAC Lacambra Sanchez Ivan

Nombre de estudio: Análisis estático Piso de acero

Tipo de análisis: Análisis estático



Información de modelo

 <p>Nombre del modelo: Piso de acero (tableros rampa) NLC 19546</p>		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Cortar-Extruir4 	Sólido	Masa: 209.991 kg Volumen: 0.026922 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 2057.91 N

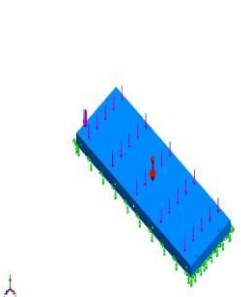
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Piso de acero
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar

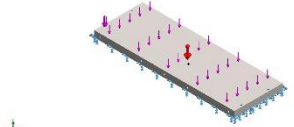
Unidades

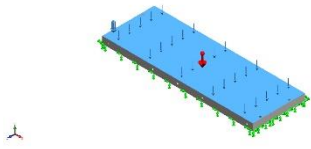
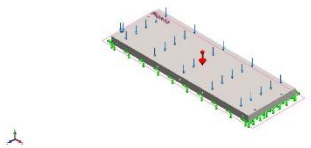
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 1.0045 (S355JR) Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Límite elástico: 2.75e+08 N/m² Límite de tracción: 4.5e+08 N/m² Módulo elástico: 2.1e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.28 Densidad: 7800 kg/m³ Módulo cortante: 7.9e+10 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1.1e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1 (Cortar-Extruir4), (Piso de acero (tableros rampa) NLC 19546)</p>
Datos de curva: N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades:	1 cara(s)	
		Tipo:	Geometría fija	
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-6.9476	121068	-2.20445	121068
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

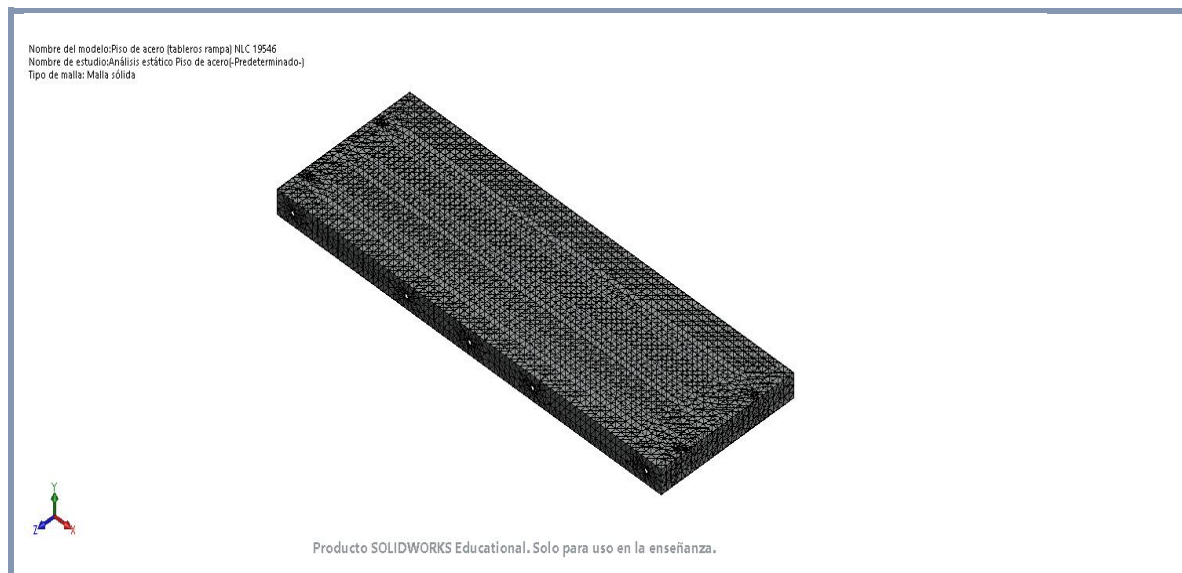
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 119000 N
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s^2

Información de malla


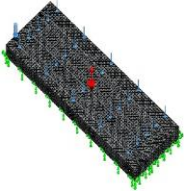
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	40.3147 mm
Tolerancia	2.01574 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla – Detalles

Número total de nodos	97505
Número total de elementos	54599
Cociente máximo de aspecto	116.7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.0714
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	83.7



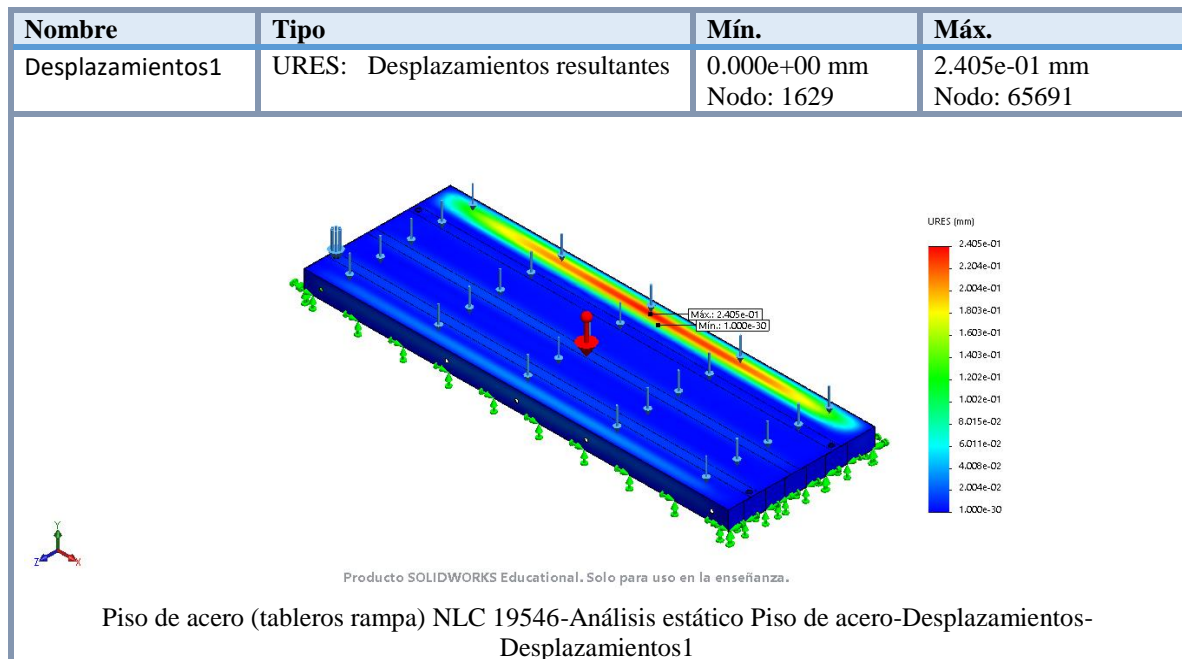
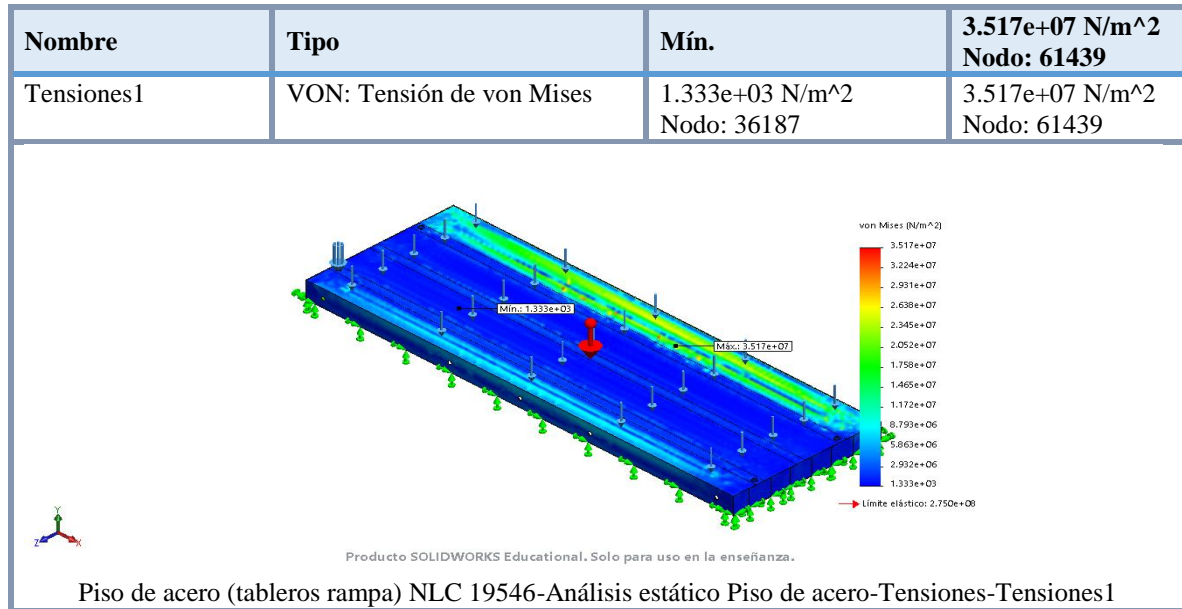
Información sobre el control de malla:

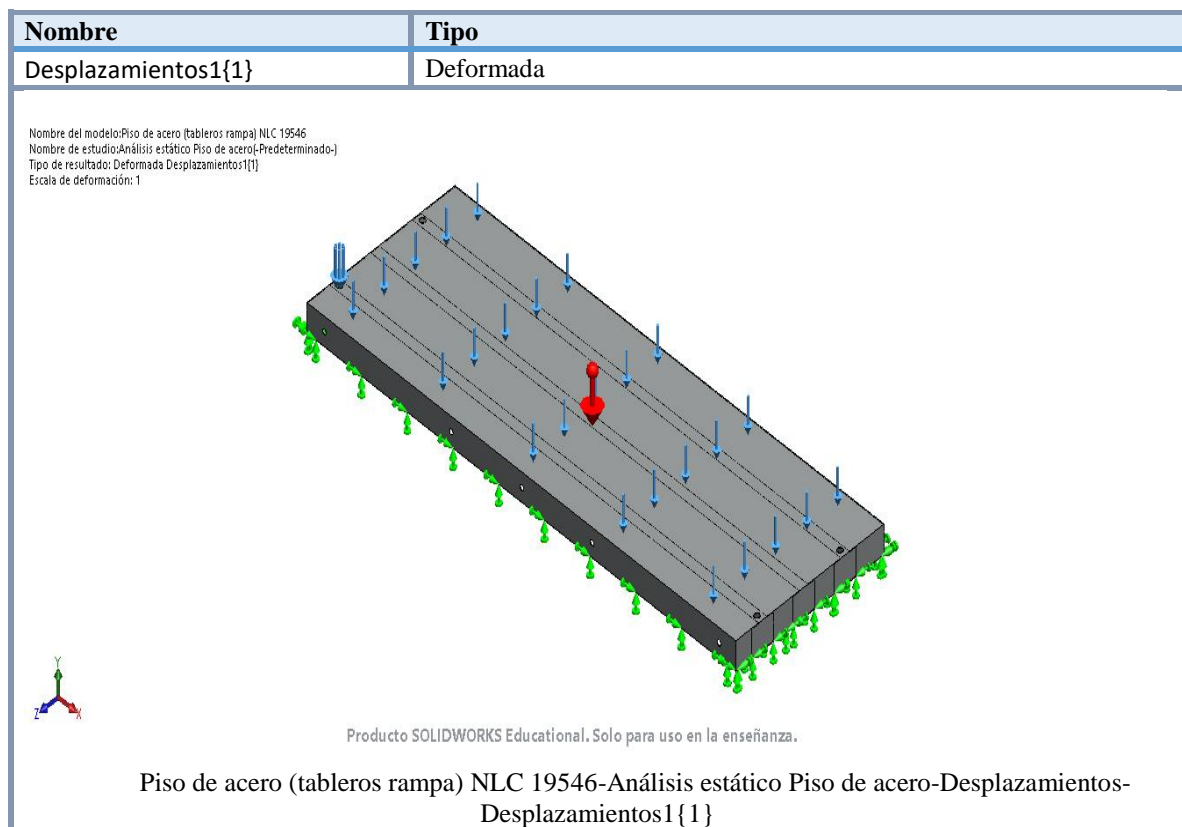
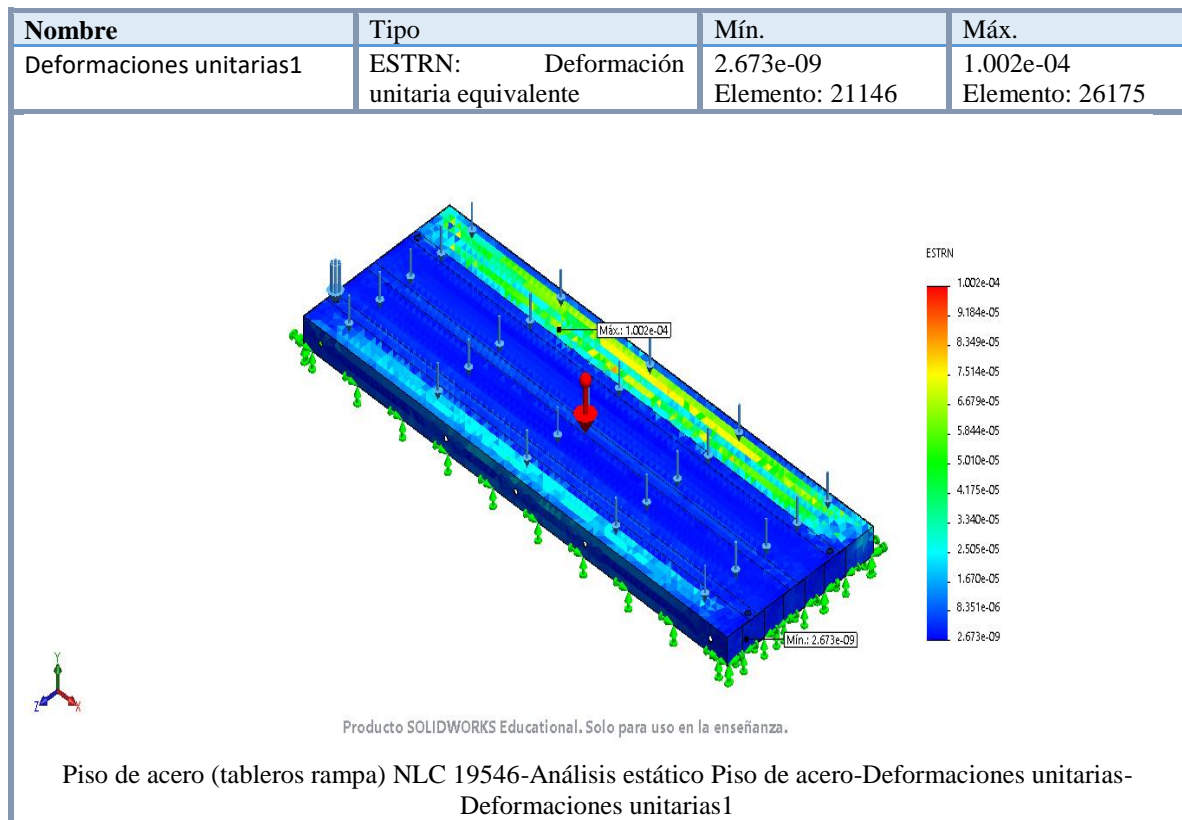
Nombre del control de malla	Imagen del control de malla	Detalles del control de malla
Control-1	 <p>Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.</p>	Entidades: 1 componente(s) Unidades: mm Tamaño: 40.3147 Coefficiente: 1.5
Control-2	 <p>Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.</p>	Entidades: 1 componente(s) Unidades: mm Tamaño: 40.3147 Coefficiente: 1.5

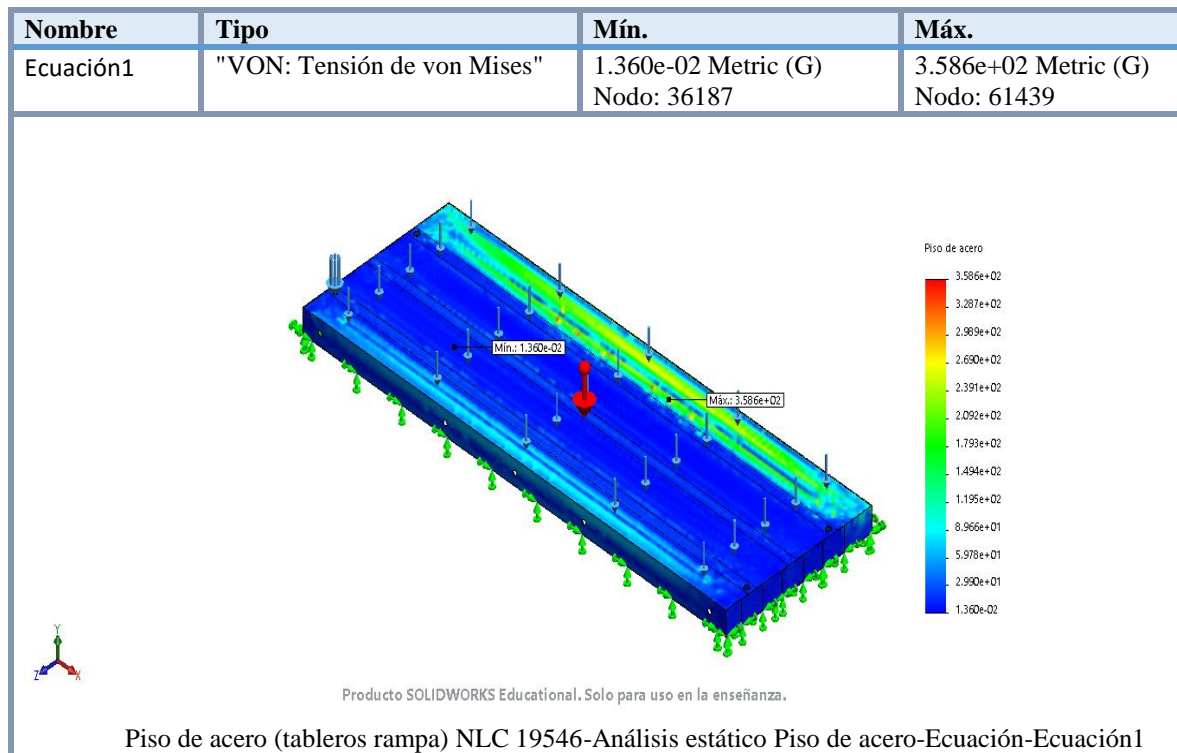
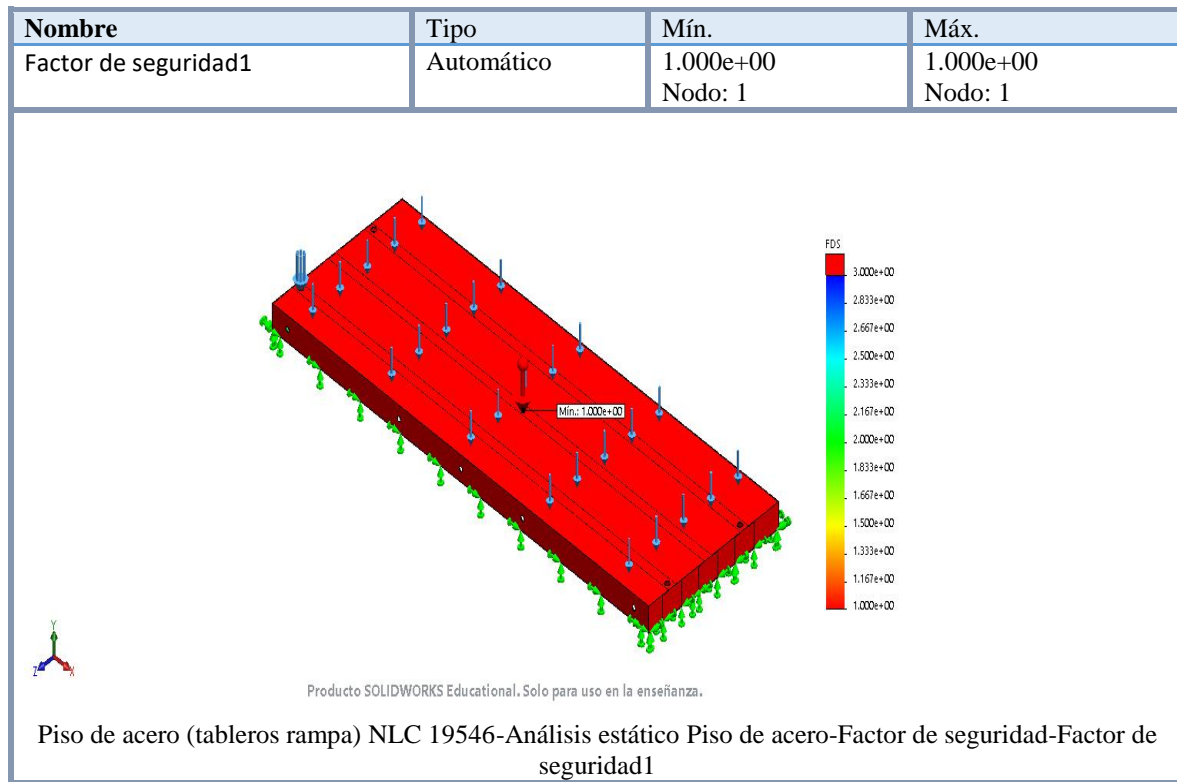
Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-6.9476	121068	-2.20445	121068

Resultados del estudio





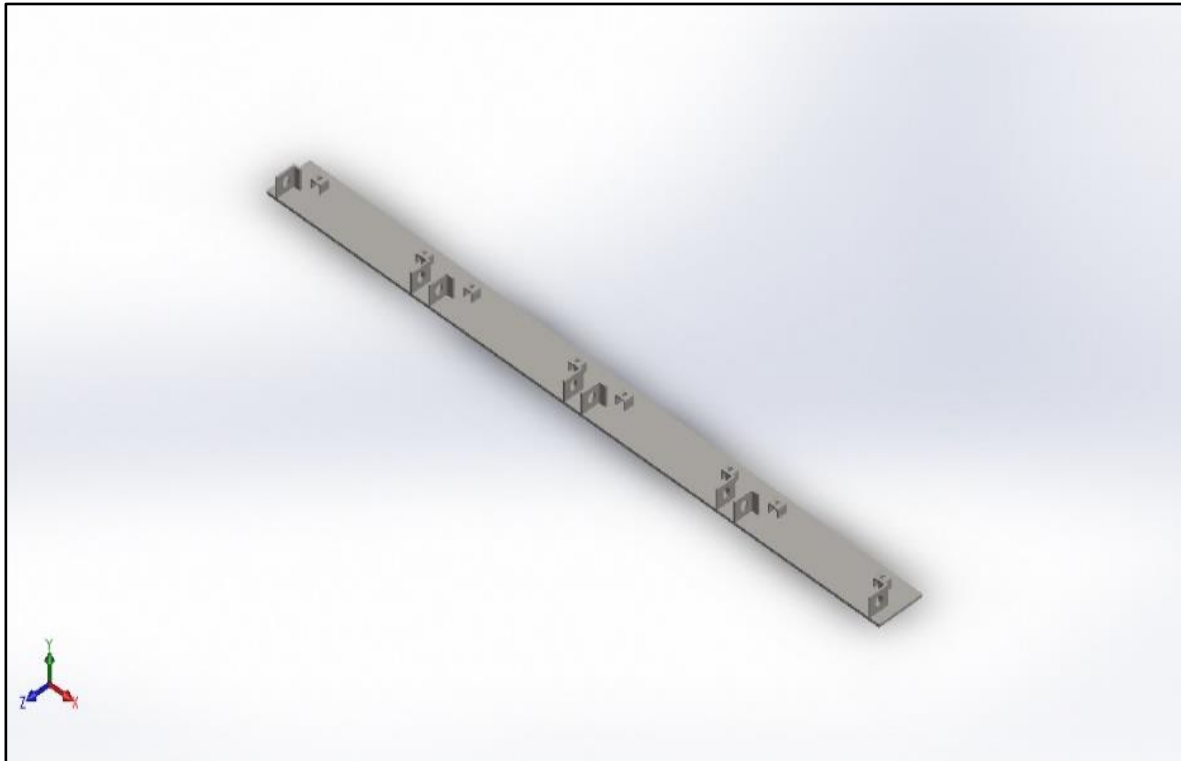


Simulación de Placa apoyo base rampa NLC 19545

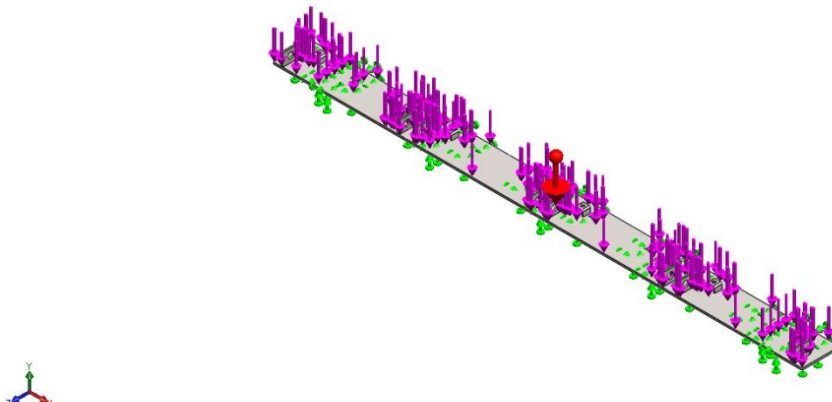
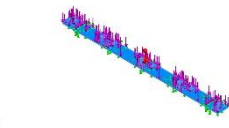
Diseñador: CAC Lacambra Sanchez, Ivan.

Nombre de estudio: Análisis estático Placa apoyo base de la rampa.

Tipo de análisis: Análisis estático.



Información de modelo

 <p>Nombre del modelo: Placa apoyo base rampa NLC 19545</p>		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Redondeo1 	Sólido	Masa: 163.543 kg Volumen: 0.020967 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 1602.72 N

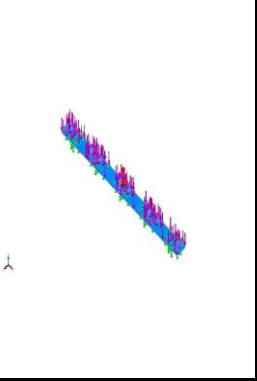
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Placa apoyo base de la rampa2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar

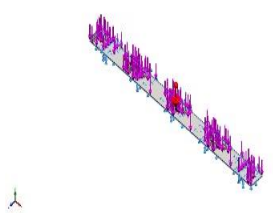
Unidades

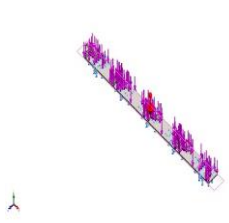
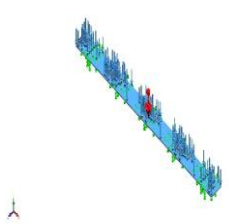
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 1.8901 (S460N) Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Límite elástico: 3.8e+08 N/m² Límite de tracción: 5.3e+08 N/m² Módulo elástico: 2.1e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.28 Densidad: 7800 kg/m³ Módulo cortante: 7.9e+10 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1.1e-05 /Kelvin</p>	Sólido 1 (Redondeo1), (Placa apoyo base rampa NLC 19545)
Datos de curva: N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.0660458	173605	0.0727794	173605
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s ²
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 172000 N

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	35.0773 mm
Tolerancia	1.75387 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla – Detalles

Número total de nodos	19234
Número total de elementos	8990
Cociente máximo de aspecto	27
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	66.6
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.501
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0

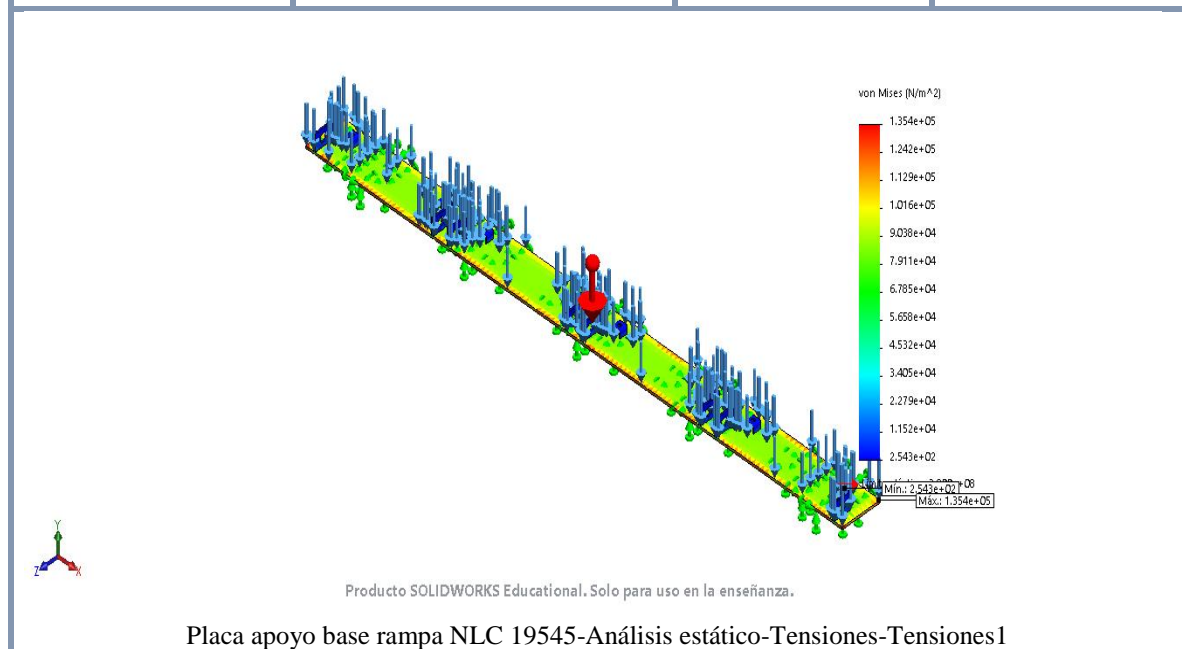


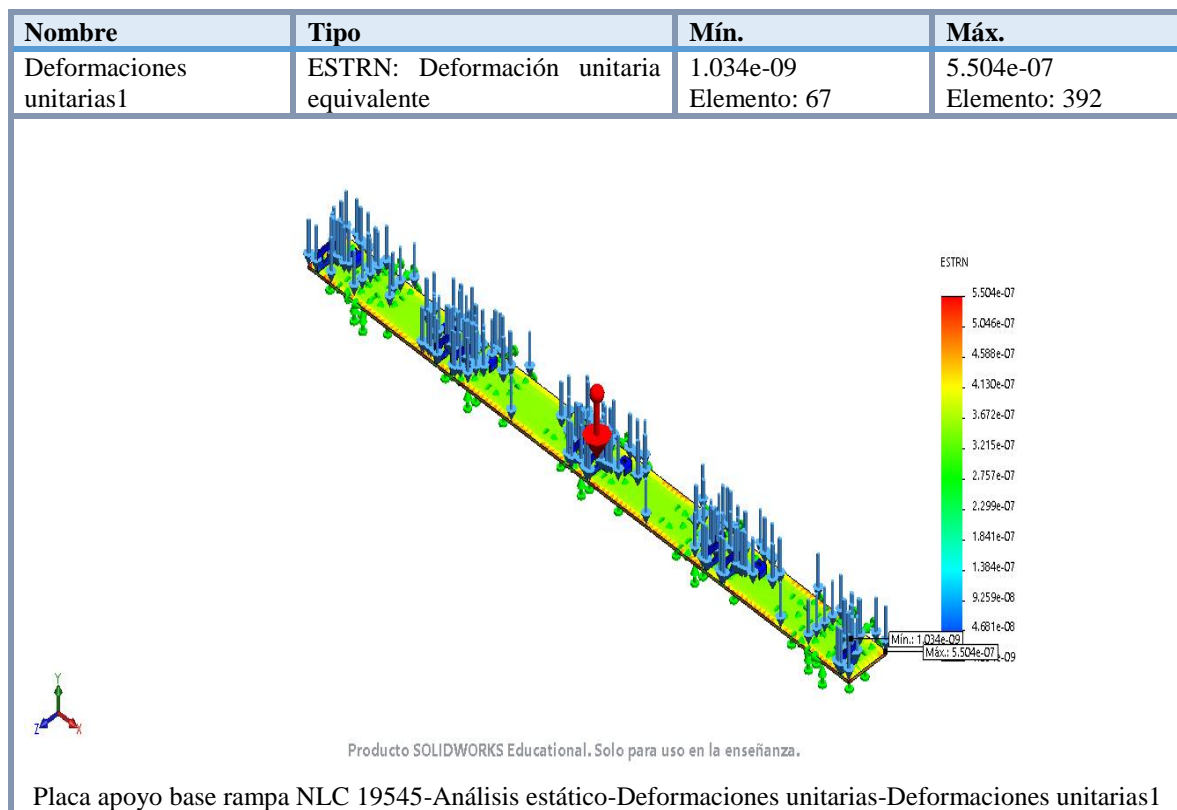
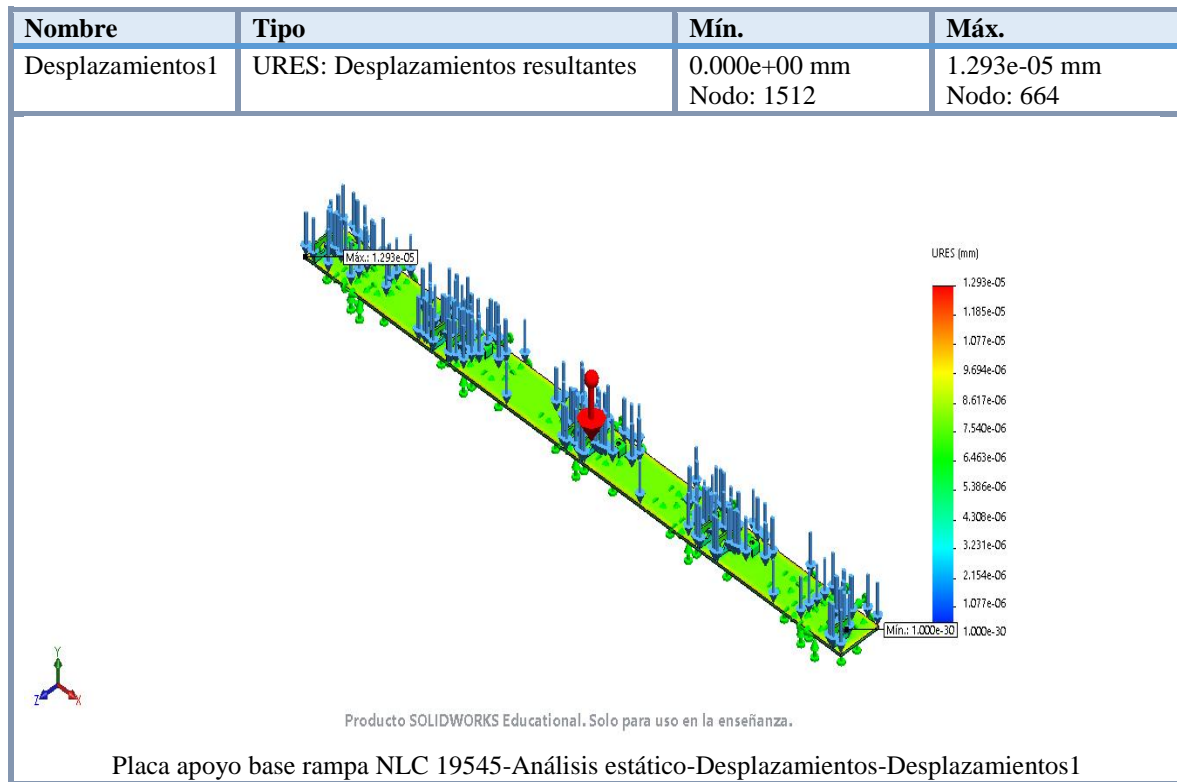
Fuerzas de reacción

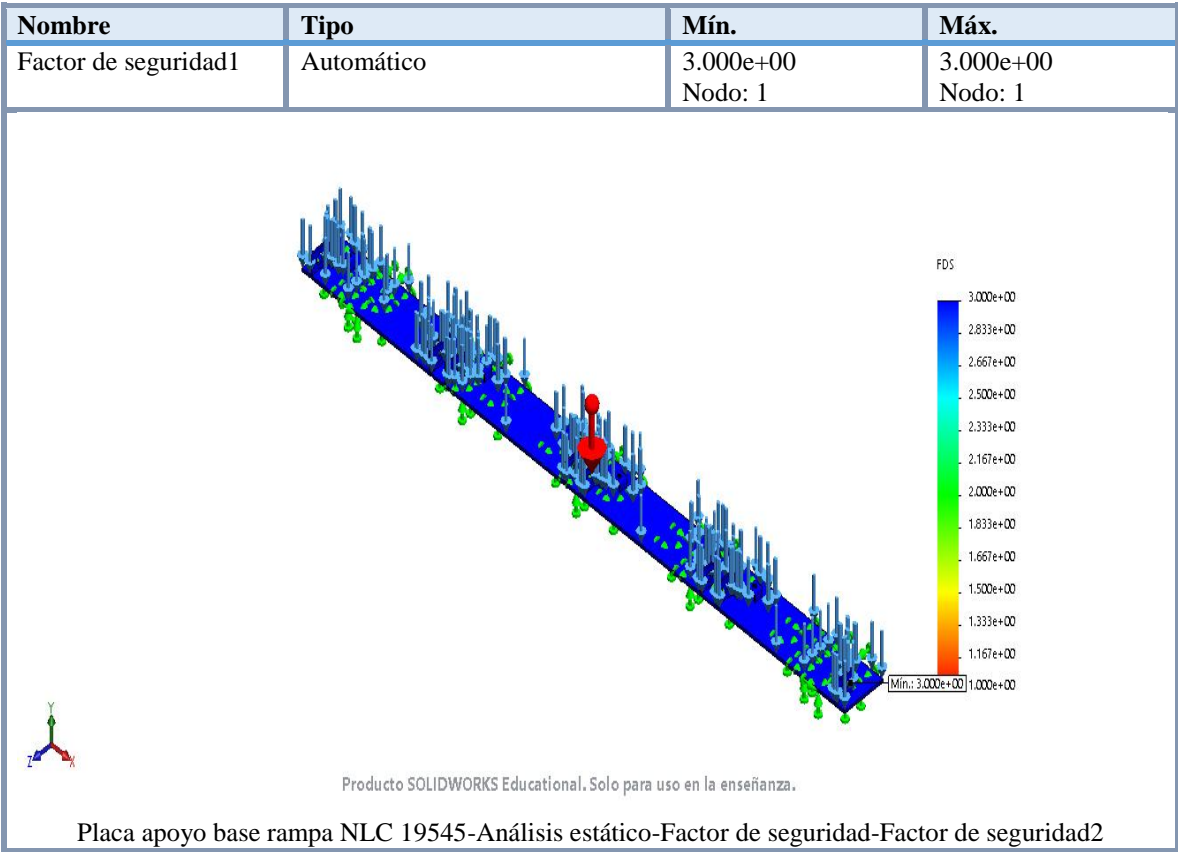
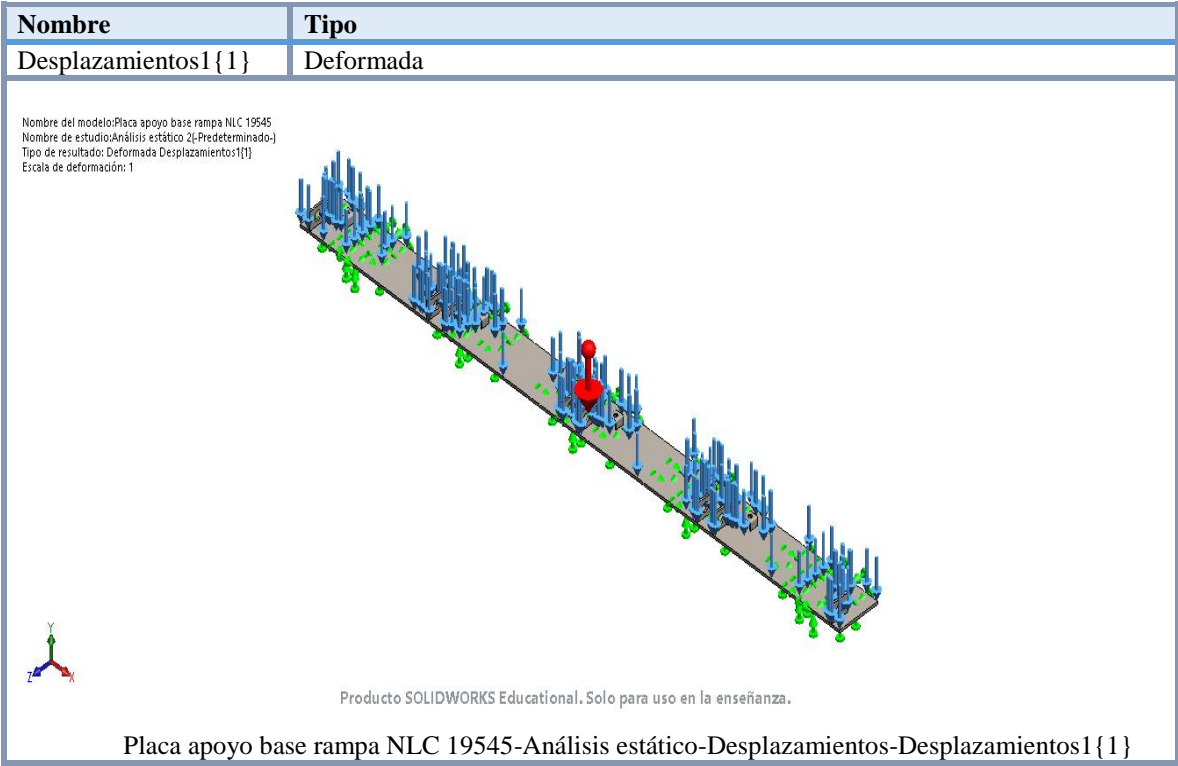
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.0660458	173605	-0.0727794	173605

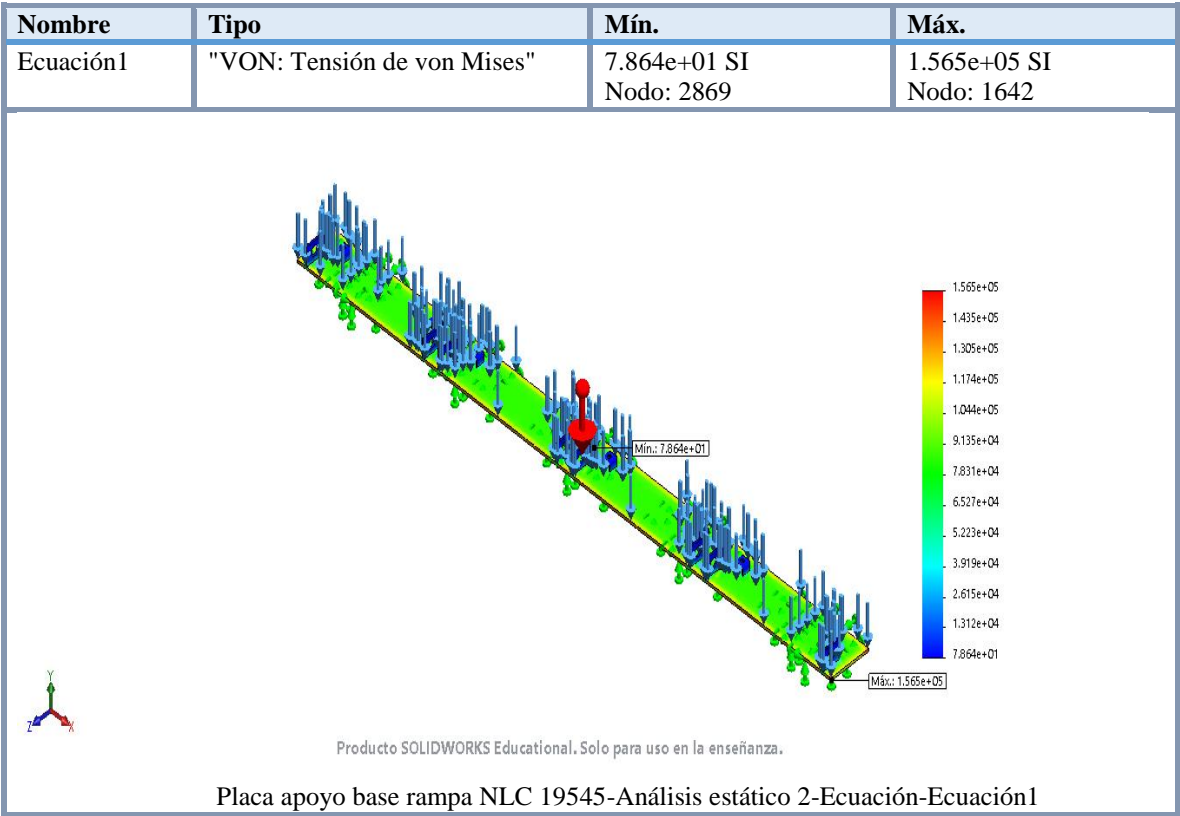
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.543e+02 N/m ² Elemento: 67	1.354e+05 N/m ² Elemento: 392









Simulación del Travesero de la base de la rampa NLC 19548



Diseñador: CAC Lacambra Sanchez, Ivan.

Nombre de estudio: Análisis estático 1.

Tipo de análisis: Análisis estático.



Información del modelo

 <p>Nombre del modelo: Travesero de la base de la rampa NLC 19548</p>		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Cortar-Extruir18 	Sólido	Masa: 539.755 kg Volumen: 0.0691993 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 5289.6 N


Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar

Unidades



Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 1.8901 (S460N) Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Límite elástico: 3.8e+08 N/m² Límite de tracción: 5.3e+08 N/m² Módulo elástico: 2.1e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.28 Densidad: 7800 kg/m³ Módulo cortante: 7.9e+10 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1.1e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1 (Cortar-Extruir18), (Travesero de la base de la rampa NLC 19548)</p>
Datos de curva: N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	6.8101	243317	8.30441	243317
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Gravedad-1		Referencia: Valores: Unidades:	Planta 0 0 -9.81 m/s^2
Fuerza-1		Entidades: Tipo: Valor:	1 cara(s) Aplicar fuerza normal 238000 N

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	53.2908 mm
Tolerancia	2.66454 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	33671
Número total de elementos	16268
Cociente máximo de aspecto	31.503
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	30.4
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	4.54
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0

Nombre del modelo: Travesero de la base de la rampa NLC 19548
 Nombre de estudio: Análisis estático (Predeterminado)
 Tipo de malla: Malla sólida



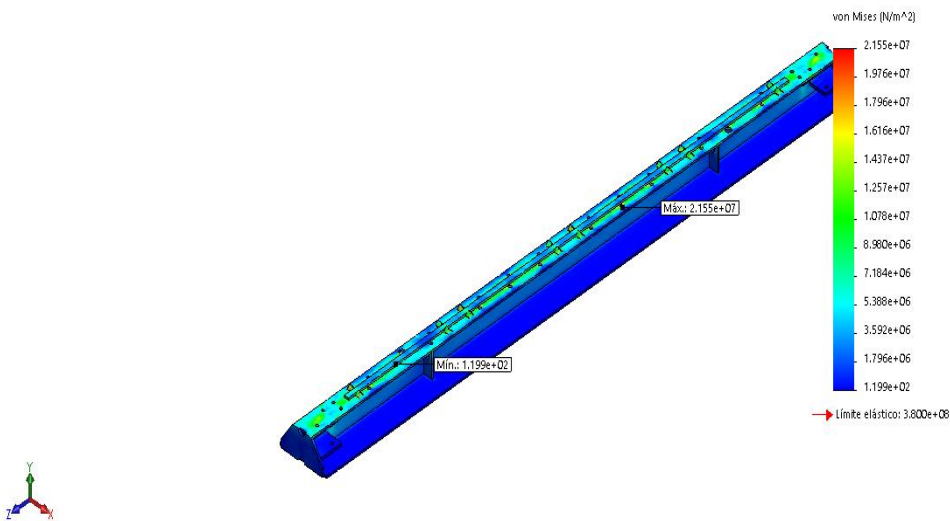
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	6.8101	243317	8.30441	243317

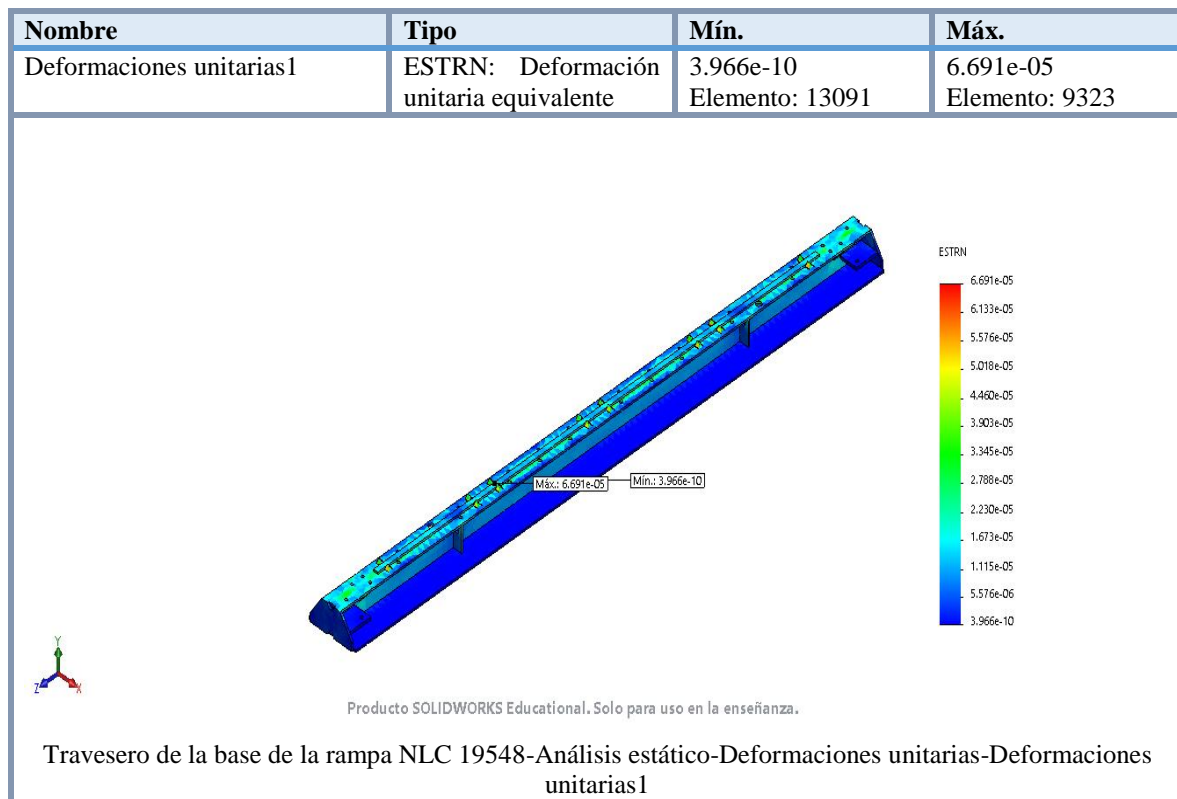
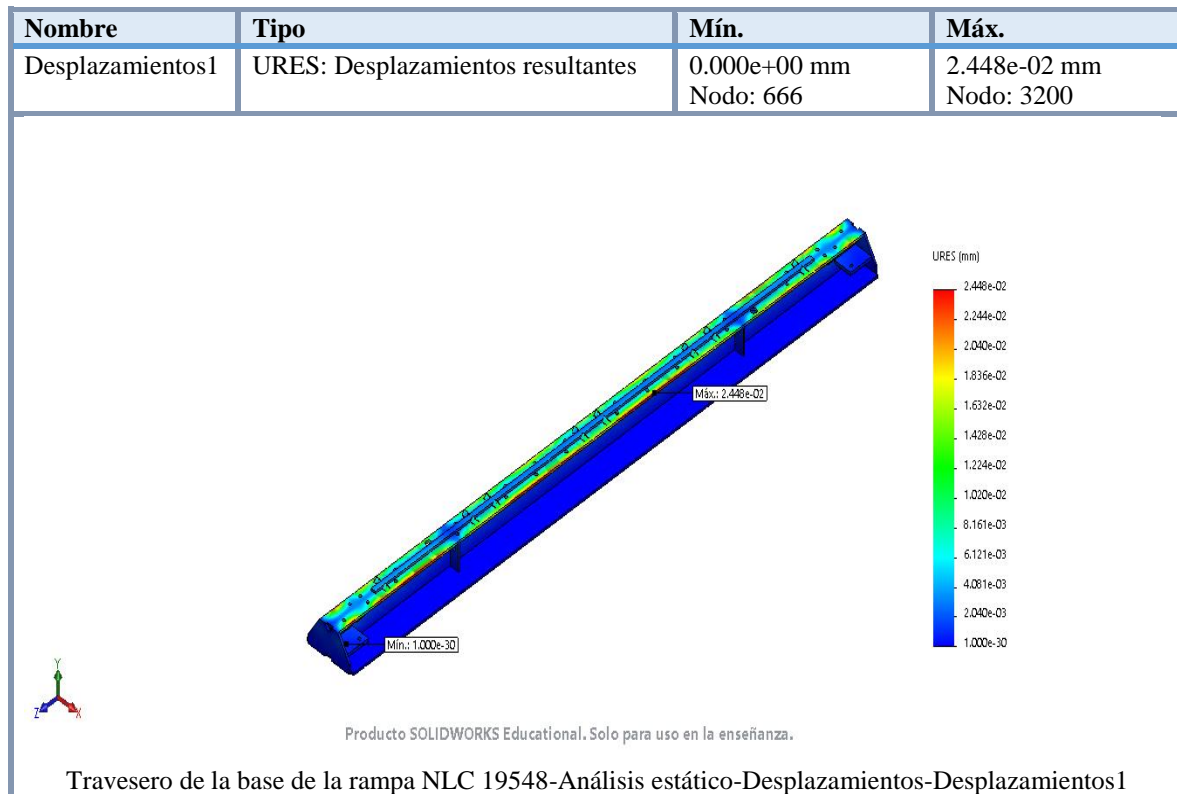
Resultados del estudio

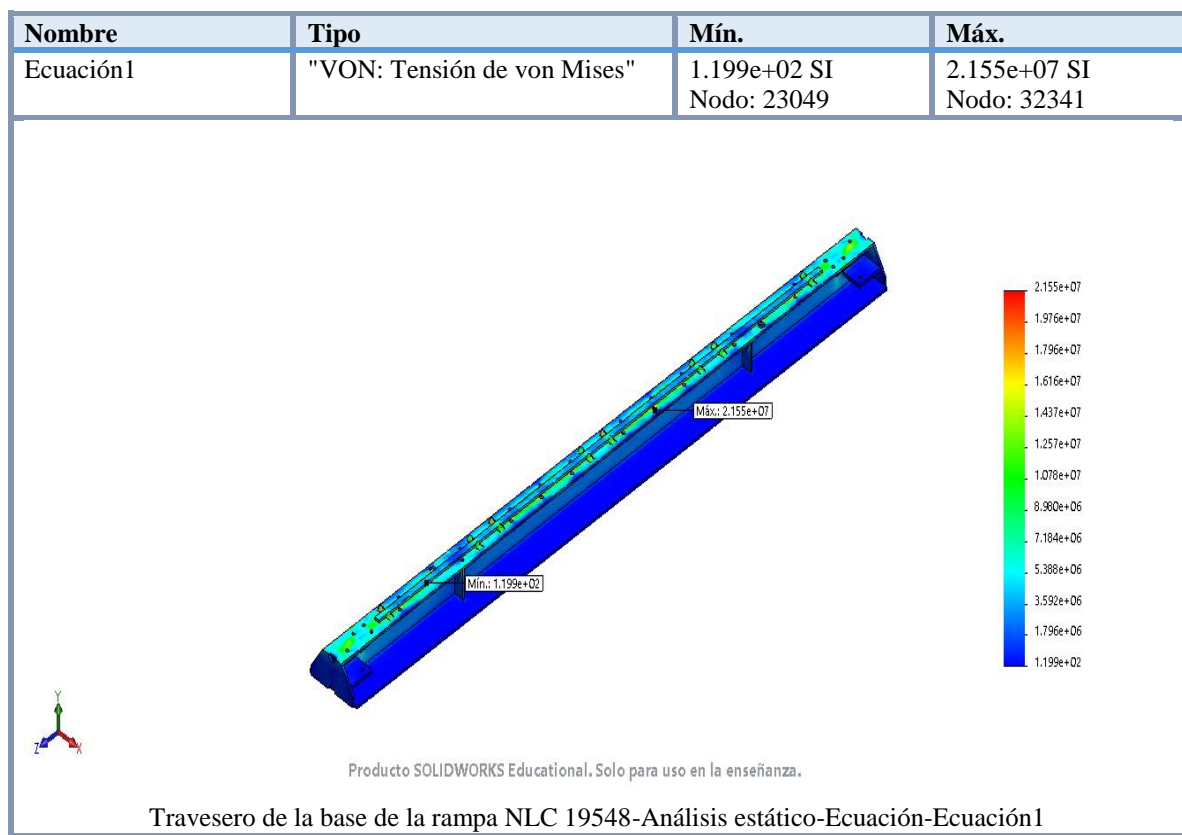
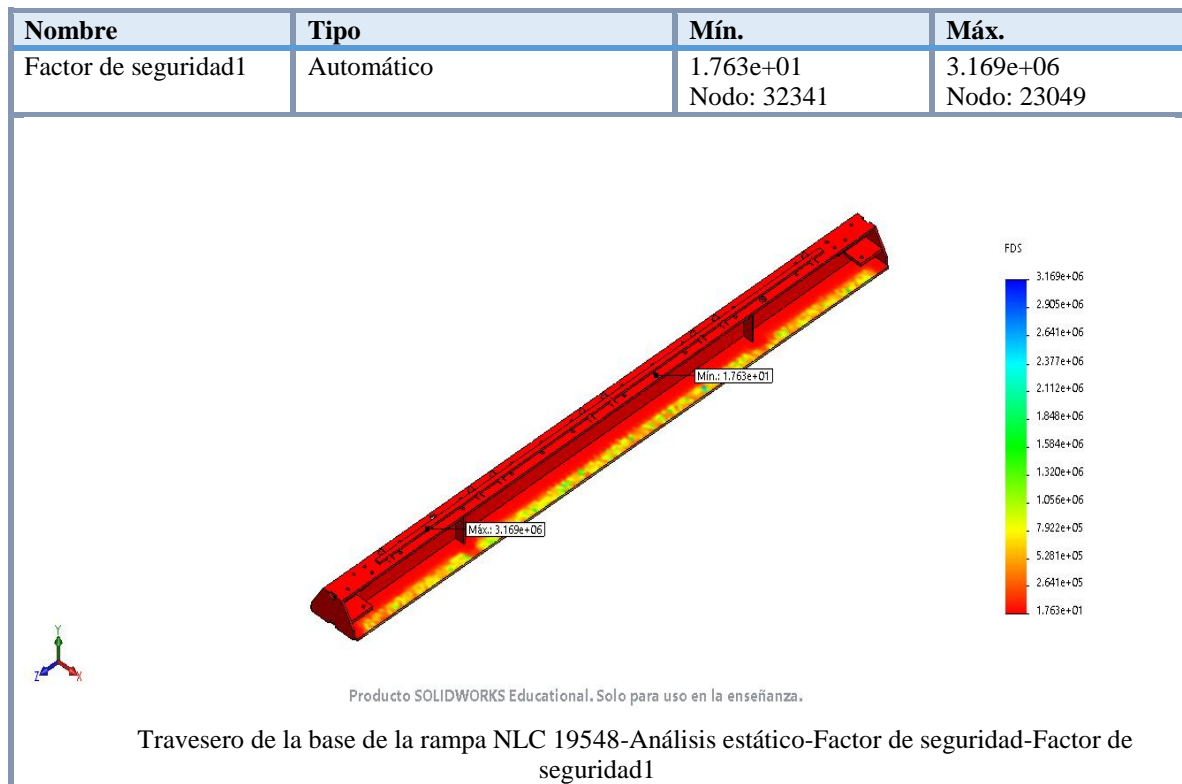
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1.199e+02 N/m ² Nodo: 23049	2.155e+07 N/m ² Nodo: 32341



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Travesero de la base de la rampa NLC 19548-Análisis estático-Tensiones-Tensiones1



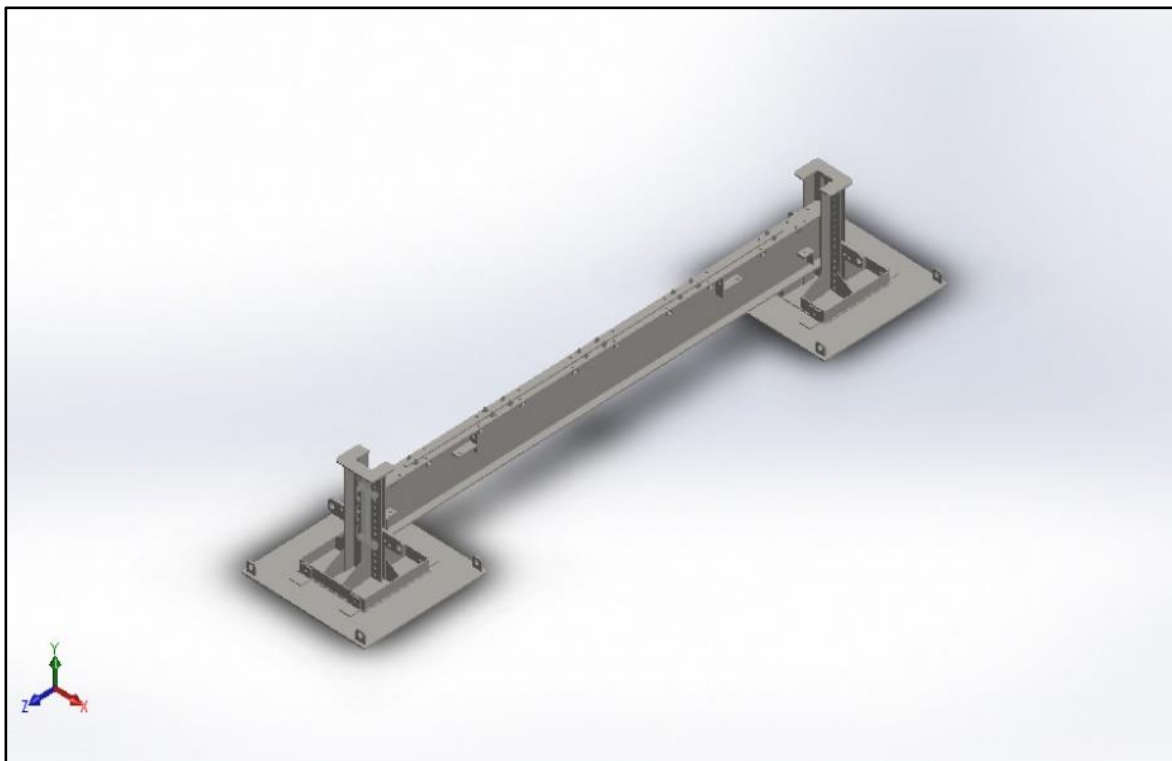


Simulación de Ensamblaje MT80.02.00

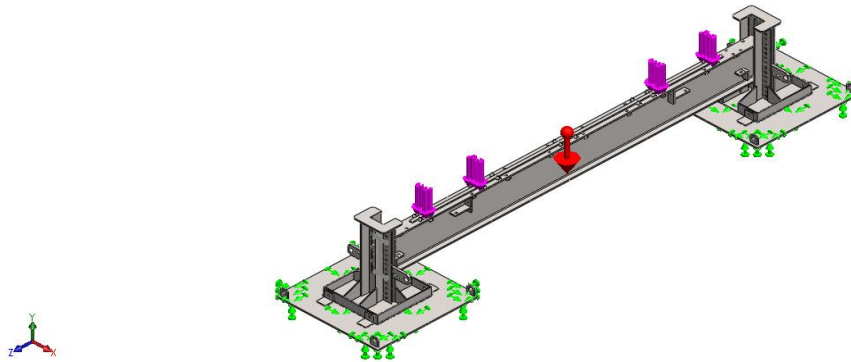
Diseñador: CAC Lacambra Sanchez Ivan.

Nombre de estudio: Análisis estático.

Tipo de análisis: Análisis estático.



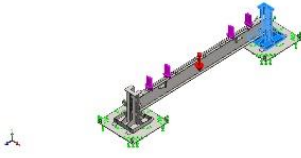
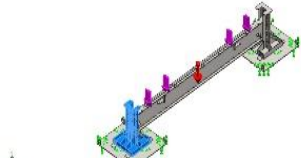
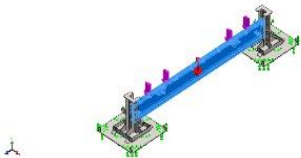
Información del modelo



Nombre del modelo: Ensamblaje MT80.02.00

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p>Cortar-Extruir17</p>	Sólido	<p>Masa: 249.961 kg Volumen: 0.0320463 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 2449.62 N</p>
<p>Cortar-Extruir17</p>	Sólido	<p>Masa: 249.961 kg Volumen: 0.0320463 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 2449.62 N</p>
<p>Cortar-Extruir4</p>	Sólido	<p>Masa: 21.4128 kg Volumen: 0.00274523 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 209.845 N</p>
<p>Cortar-Extruir4</p>	Sólido	<p>Masa: 21.4128 kg Volumen: 0.00274523 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 209.845 N</p>

<p>Cortar-Extruir13</p> 	Sólido	<p>Masa: 168.291 kg Volumen: 0.0215758 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 1649.25 N</p>
<p>Cortar-Extruir13</p> 	Sólido	<p>Masa: 168.291 kg Volumen: 0.0215758 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 1649.25 N</p>
<p>Línea de partición4</p> 	Sólido	<p>Masa: 531.536 kg Volumen: 0.0681457 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 5209.06 N</p>

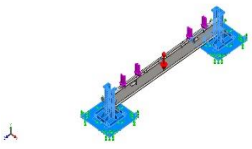
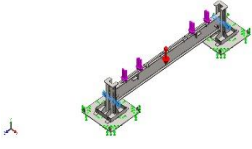
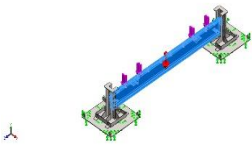
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar

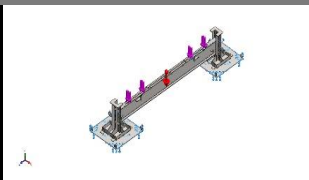
Unidades

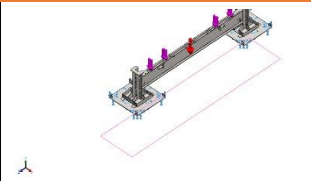
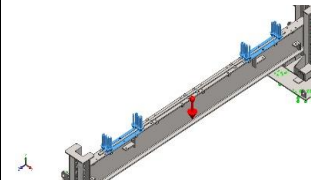
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

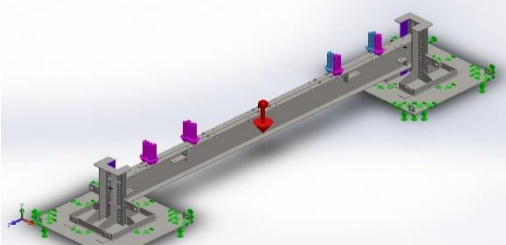
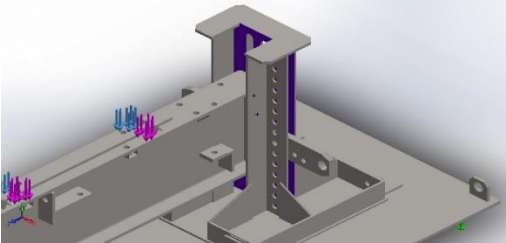
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 1.0045 (S355JR)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Límite elástico: $2.75 \times 10^8 \text{ N/m}^2$</p> <p>Límite de tracción: $4.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$</p> <p>Módulo elástico: $2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.28</p> <p>Densidad: 7800 kg/m^3</p> <p>Módulo cortante: $7.9 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: $1.1 \times 10^{-5} / \text{Kelvin}$</p>	<p>Sólido 1 (Cortar-Extruir17), (Placa de soporte deL poste de la rampa NLC 19544-2),</p> <p>Sólido 1 (Cortar-Extruir17), (Placa de soporte deL poste de la rampa NLC 19544-3),</p> <p>Sólido 1 (Cortar-Extruir13), (Poste de rampa NLC 19543-1),</p> <p>Sólido 1 (Cortar-Extruir13), (Poste de rampa NLC 19543-2)</p>
Datos de curva: N/A		
	<p>Nombre: 1.0490 (S275N)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Límite elástico: $2.75 \times 10^8 \text{ N/m}^2$</p> <p>Límite de tracción: $3.7 \times 10^8 \text{ N/m}^2$</p> <p>Módulo elástico: $2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.28</p> <p>Densidad: 7800 kg/m^3</p> <p>Módulo cortante: $7.9 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: $1.1 \times 10^{-5} / \text{Kelvin}$</p>	<p>Sólido 1 (Cortar-Extruir4), (Placa de soporte del travesero NLC 19564-1),</p> <p>Sólido 1 (Cortar-Extruir4), (Placa de soporte del travesero NLC 19564-2)</p>
Datos de curva: N/A		
	<p>Nombre: 1.8901 (S460N)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Límite elástico: $3.8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$</p> <p>Límite de tracción: $5.3 \times 10^8 \text{ N/m}^2$</p> <p>Módulo elástico: $2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.28</p> <p>Densidad: 7800 kg/m^3</p> <p>Módulo cortante: $7.9 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: $1.1 \times 10^{-5} / \text{Kelvin}$</p>	<p>Sólido 1 (Línea de partición4), (Travesero rampa intermedio NLC 19542-1)</p>
Datos de curva: N/A		

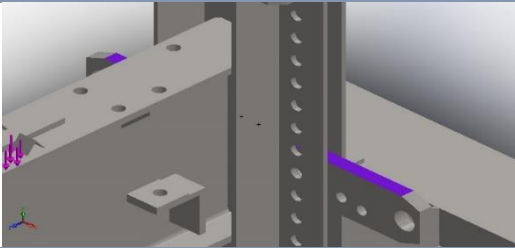
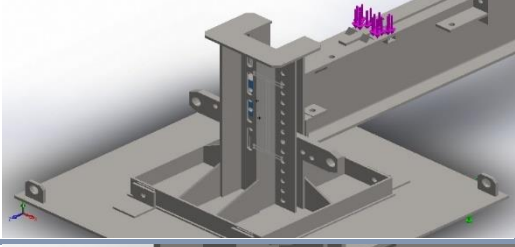
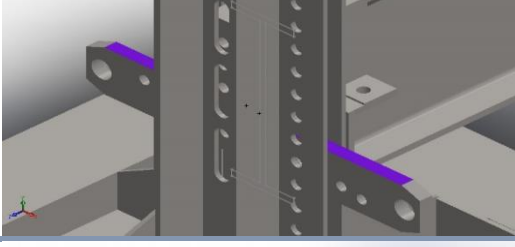
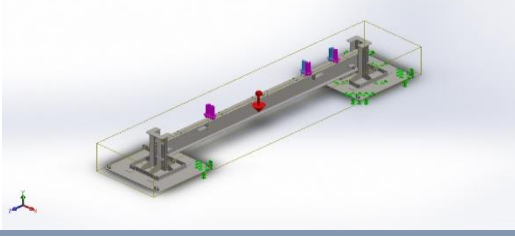
Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades:	2 cara(s)		
		Tipo:	Geometría fija		
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	42.5318	253977	21.8149	253977	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Gravedad-1		Referencia:	Planta	
		Valores:	0 0 -9.81	
		Unidades:	m/s^2	
Fuerza-1		Entidades:	4 cara(s)	
		Tipo:	Aplicar fuerza normal	
		Valor:	60000 N	

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto		
Contacto-1		Tipo:	Par de contacto rígido	
		Entidades:	3 cara(s)	
Contacto-2		Tipo:	Par de contacto rígido	
		Entidades:	2 cara(s)	

Contacto-3		Tipo: Entidades:	Par de contacto rígido 2 cara(s)
Contacto-4		Tipo: Entidades:	Par de contacto rígido 2 cara(s)
Contacto-5		Tipo: Entidades:	Par de contacto rígido 2 cara(s)
Contacto global		Tipo: Componentes: Opciones:	Unión rígida 1 componente(s) Mallado incompatible

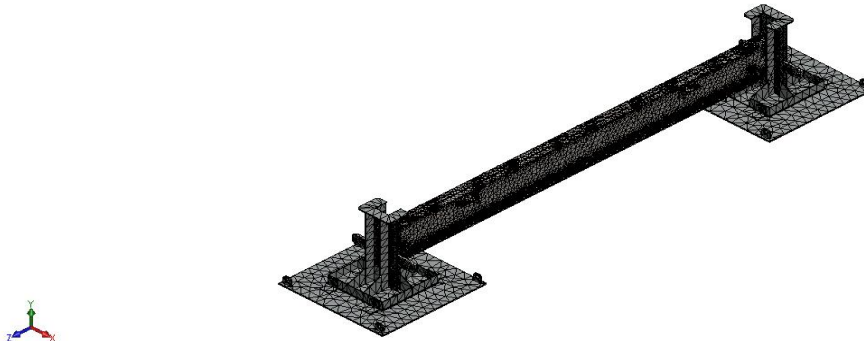
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	102.06 mm
Tolerancia	5.10302 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	339436
Número total de elementos	190198
Cociente máximo de aspecto	177.67
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	73.2
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	1.77
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0

Nombre del modelo: Ensamblaje MT80.02.00
 Nombre de estudio: Análisis estático-Predeterminado-1
 Tipo de malla: Malla sólida



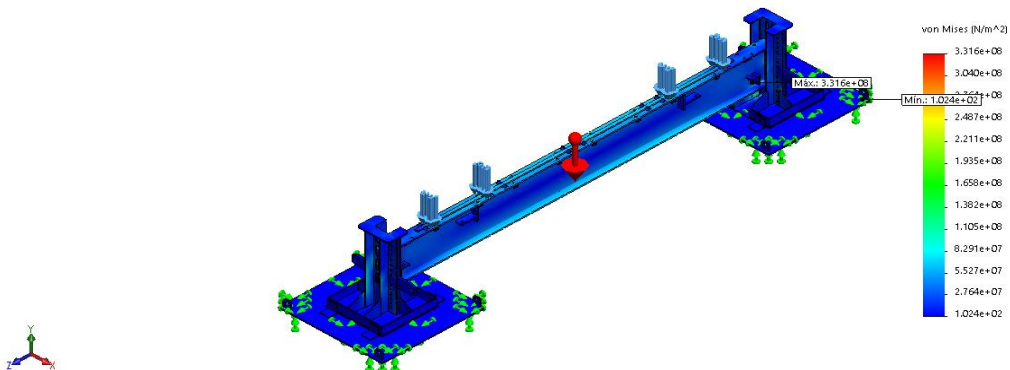
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Fuerzas resultantes**Fuerzas de reacción**

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	42.5318	253977	21.8149	253977

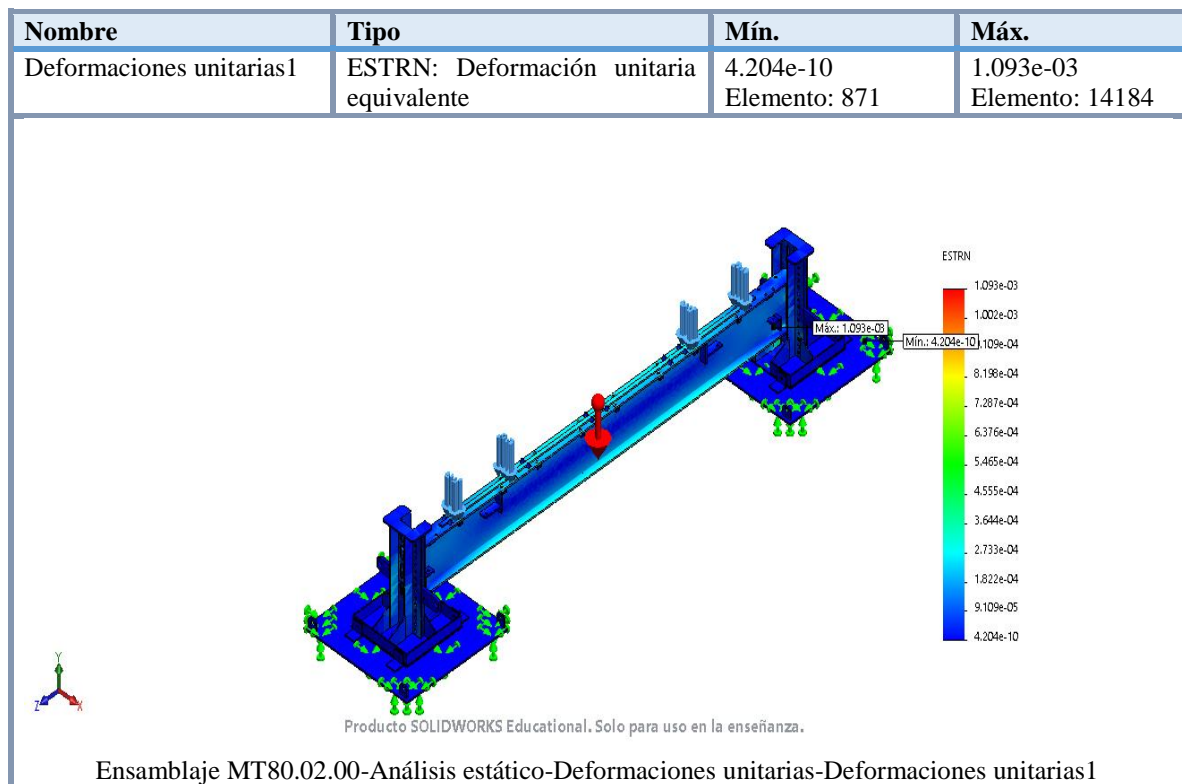
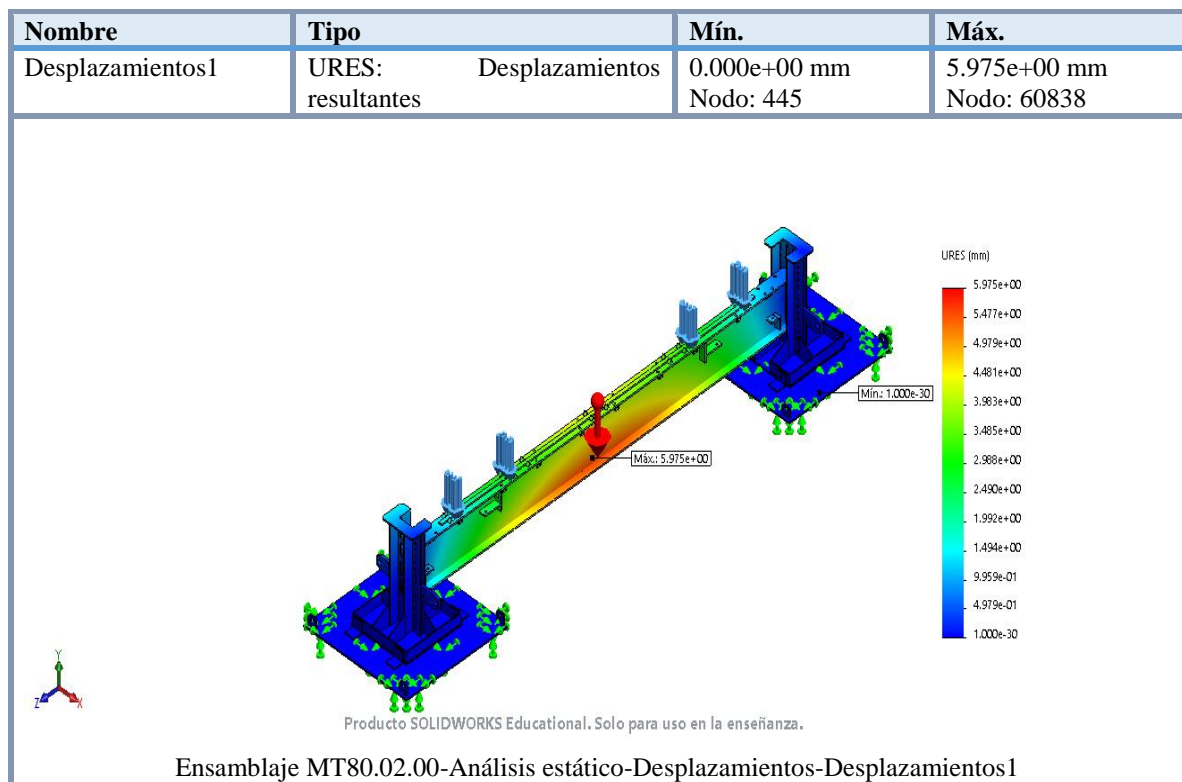
Resultados del estudio

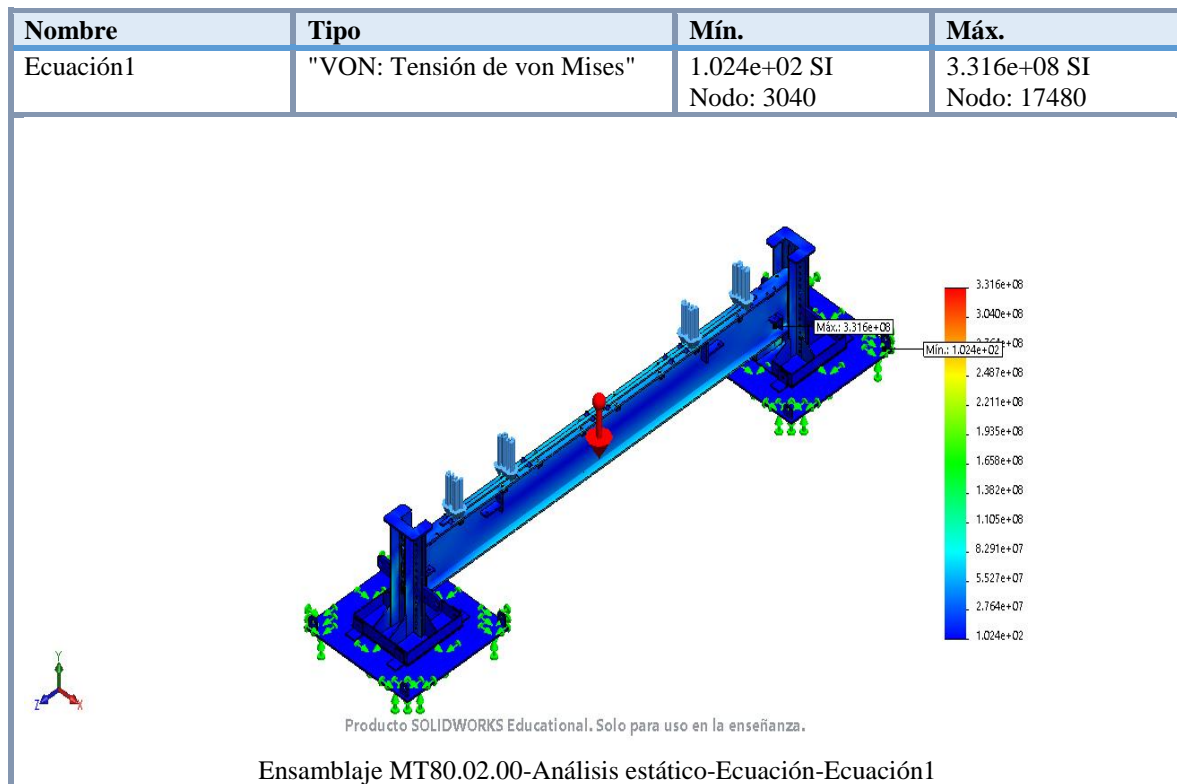
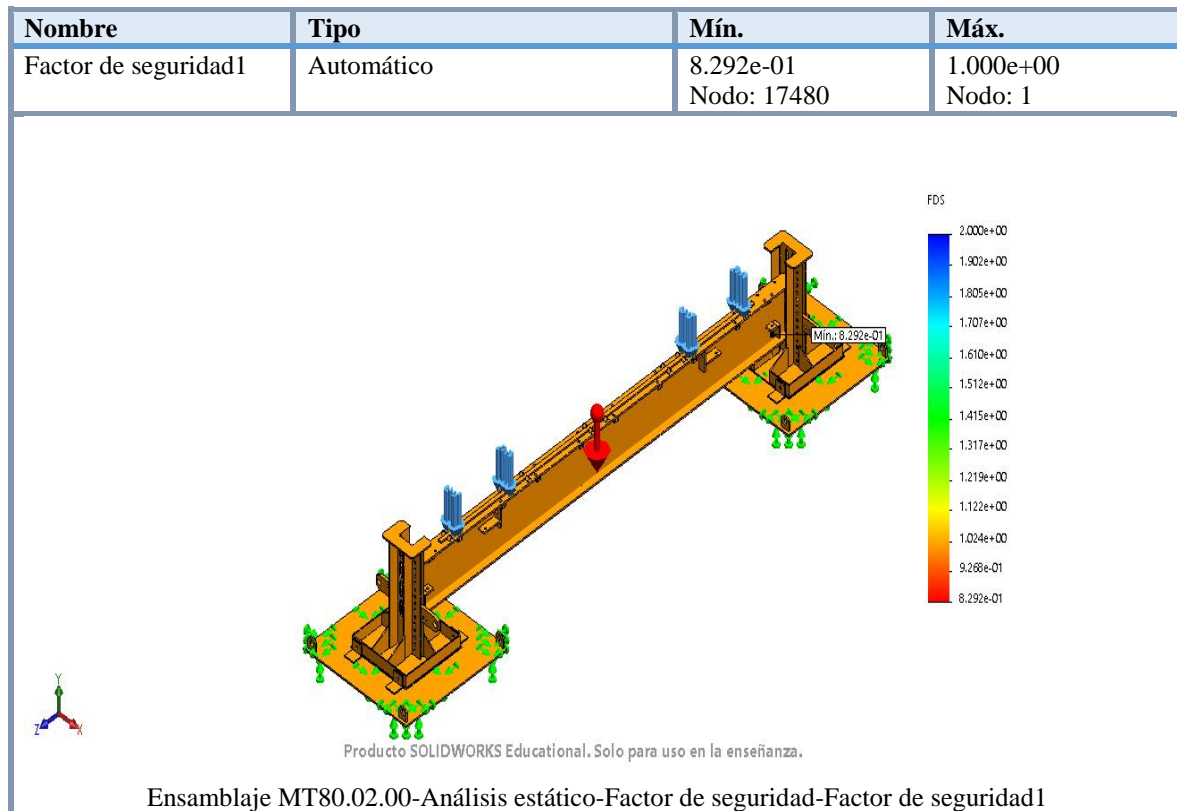
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1.024e+02 N/m ² Nodo: 3040	3.316e+08 N/m ² Nodo: 17480



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ensamblaje MT80.02.00-Análisis estático-Tensiones-Tensiones1



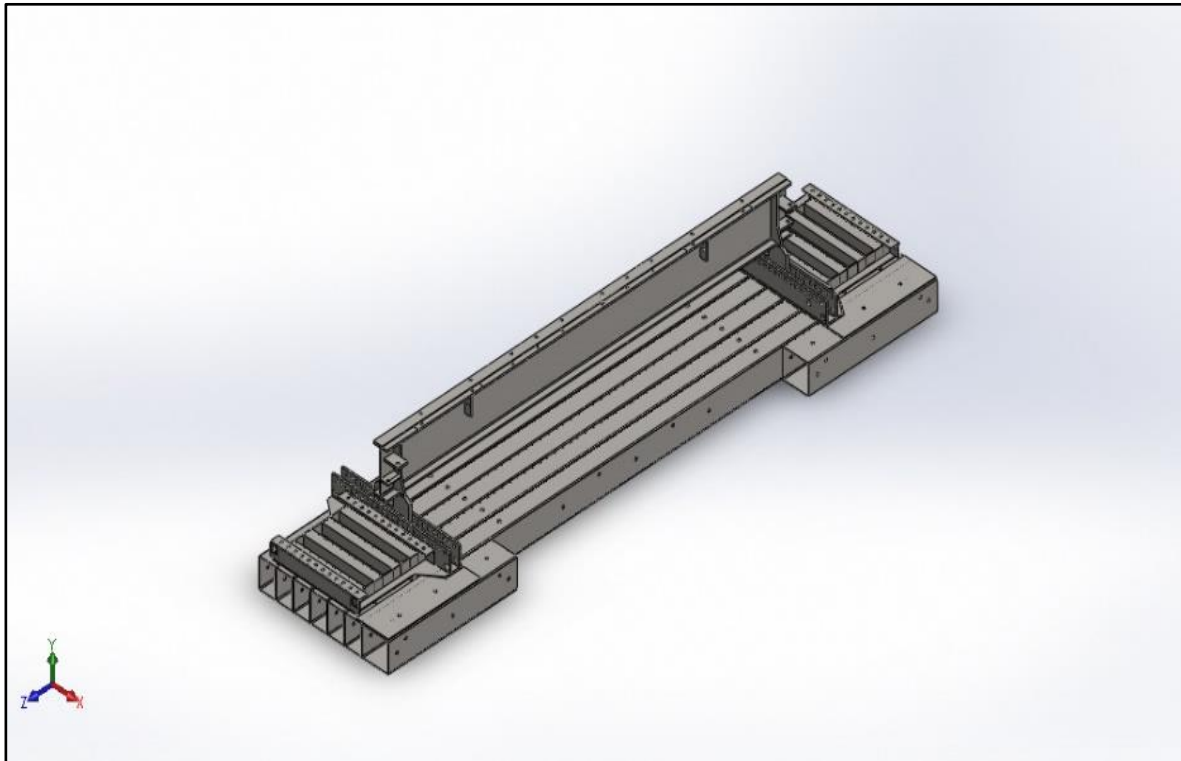


Simulación del Ensamblaje MT80.01.00

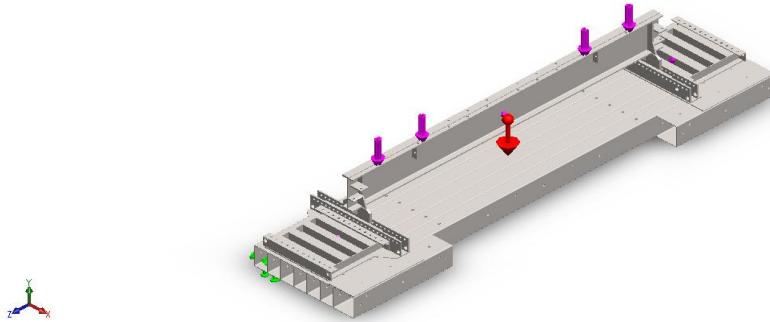
Diseñador: CAC Lacambra Sánchez, Iván.

Nombre de estudio: Análisis estático 1.

Tipo de análisis: Análisis estático.



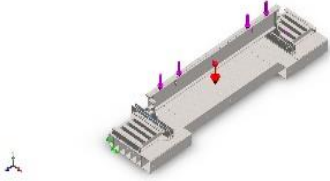
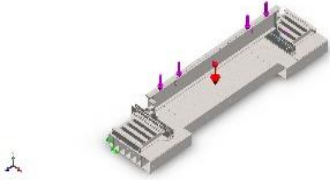
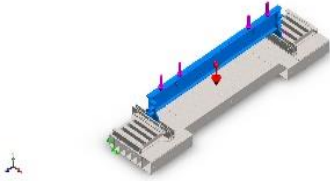
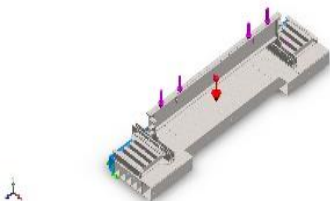
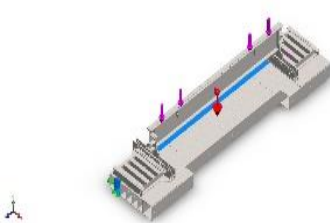
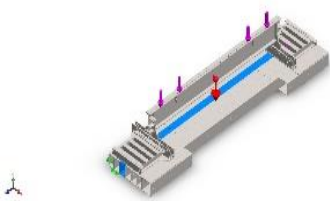
Información del modelo

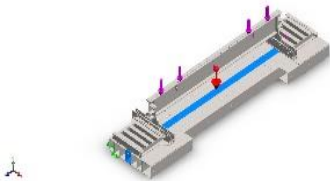
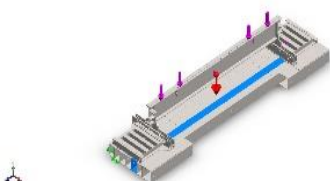
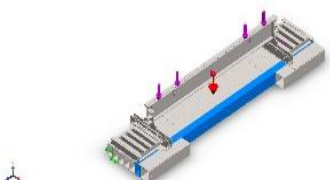
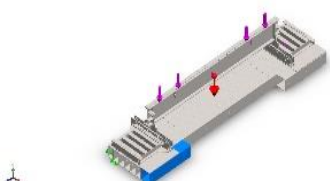
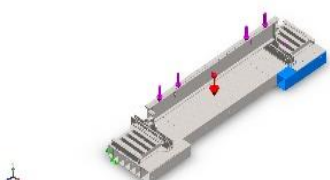


Nombre del modelo: Ensamblaje MT80.01.00

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Cortar-Extruir5 	Sólido	Masa: 286.511 kg Volumen: 0.0367322 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 2807.81 N
Cortar-Extruir5 	Sólido	Masa: 286.511 kg Volumen: 0.0367322 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 2807.81 N
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa: 33.4683 kg Volumen: 0.00429081 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 327.989 N
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa: 33.4683 kg Volumen: 0.00429081 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 327.989 N

<p>Cortar-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa: 23.7933 kg Volumen: 0.00305043 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 233.175 N</p>
<p>Cortar-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa: 23.7933 kg Volumen: 0.00305043 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 233.175 N</p>
<p>Línea de partición2</p> 	Sólido	<p>Masa: 504.856 kg Volumen: 0.0647251 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 4947.59 N</p>
<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa: 338.754 kg Volumen: 0.04343 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 3319.79 N</p>
<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa: 338.754 kg Volumen: 0.04343 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 3319.79 N</p>
<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa: 338.754 kg Volumen: 0.04343 m³ Densidad: 7800 kg/m³ Peso: 3319.79 N</p>
<p>Redondeo1</p>	Sólido	<p>Masa: 338.754 kg</p>

		Volumen: 0.04343 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 3319.79 N
Redondeo1 	Sólido	Masa: 338.754 kg Volumen: 0.04343 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 3319.79 N
Redondeo1 	Sólido	Masa: 338.754 kg Volumen: 0.04343 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 3319.79 N
Redondeo1 	Sólido	Masa: 97.8116 kg Volumen: 0.01254 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 958.554 N
Redondeo1 	Sólido	Masa: 97.8116 kg Volumen: 0.01254 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 958.554 N

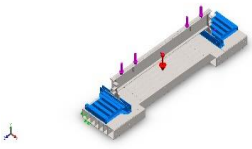
Propiedades de estudio

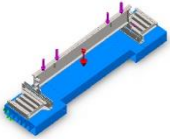
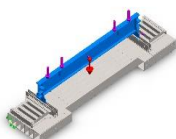
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

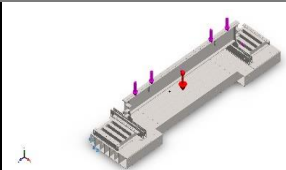
Propiedades de material

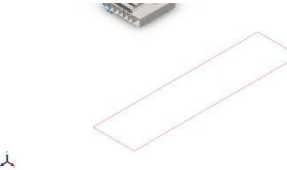
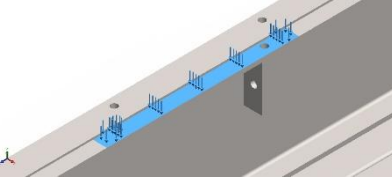
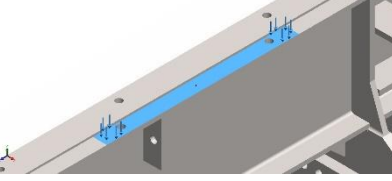
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 1.0045 (S355JR)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Límite elástico: 2.75e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.5e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2.1e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.28</p> <p>Densidad: 7800 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.9e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.1e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1 (Cortar-Extruir5), (Enrejado Superior NLC 19535-1).</p> <p>Sólido 1 (Cortar-Extruir5), (Enrejado Superior NLC 19535-2).</p>
Datos de curva: N/A		

	<p>Nombre: 1.0490 (S275N)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico</p> <p>Límite elástico: $2.75 \times 10^8 \text{ N/m}^2$</p> <p>Límite de tracción: $3.7 \times 10^8 \text{ N/m}^2$</p> <p>Módulo elástico: $2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.28</p> <p>Densidad: 7800 kg/m^3</p> <p>Módulo cortante: $7.9 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: $1.1 \times 10^{-5} / \text{Kelvin}$</p>	<p>Sólido 1 (Cortar-Extruir1), (Placa de ensamblaje NLC 19540-1),</p> <p>Sólido 1 (Cortar-Extruir1), (Placa de ensamblaje NLC 19540-2),</p> <p>Sólido 1 (Cortar-Extruir1), (Placa de incremento de enrejado NLC 19539-1),</p> <p>Sólido 1 (Cortar-Extruir1)m (Placa de incremento de enrejado NLC 19539-2),</p> <p>Sólido 1 (Redondeo1), (Viga de apoyo NLC 19536-1),</p> <p>Sólido 1 (Redondeo1), (Viga de apoyo NLC 19536-2),</p> <p>Sólido 1 (Redondeo1), (Viga de apoyo NLC 19536-3),</p> <p>Sólido 1 (Redondeo1), (Viga de apoyo NLC 19536-4),</p> <p>Sólido 1 (Redondeo1), (Viga de apoyo NLC 19536-5),</p> <p>Sólido 1 (Redondeo1,), (Viga de apoyo NLC 19536-6),</p> <p>Sólido 1 (Redondeo1), (Viga de apoyo corta NLC 19537-1),</p> <p>Sólido 1 (Redondeo1), (Viga de apoyo corta , NLC 19537-2)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: 1.8901 (S460NL)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Límite elástico: $3.8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$</p> <p>Límite de tracción: $5.3 \times 10^8 \text{ N/m}^2$</p> <p>Módulo elástico: $2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.28</p> <p>Densidad: 7800 kg/m^3</p> <p>Módulo cortante: $7.9 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: $1.1 \times 10^{-5} / \text{Kelvin}$</p>	<p>Sólido 1 (Línea de conexión), (Travero cabeza rampa NLC 19534-1)</p>

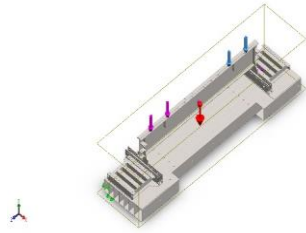
Datos de curva: N/A

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: Tipo:	1 cara(s) Geometría fija	
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-65.7847	152819	-101.501	152819
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Gravedad-1		Referencia: Valores: Unidades:	Planta 0 0 -9.81 m/s^2	
Fuerza-1		Entidades: Tipo: Valor:	1 cara(s) Aplicar fuerza normal 59500 N	
Fuerza-2		Entidades: Tipo: Valor:	1 cara(s) Aplicar fuerza normal 59500 N	

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible

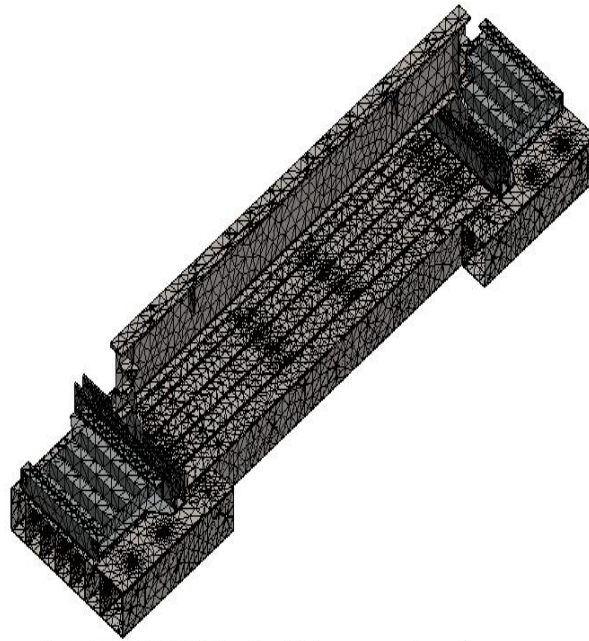
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	407.168 mm
Tamaño mínimo del elemento	81.4336 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

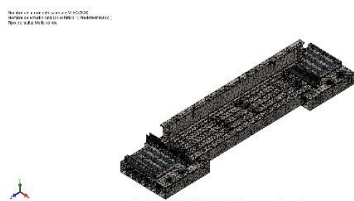
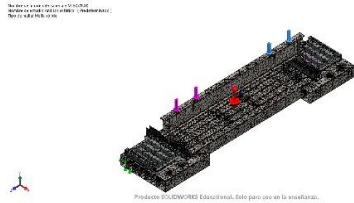
Número total de nodos	310722
Número total de elementos	165399
Cociente máximo de aspecto	310.04
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	22.9
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	25.4
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0.0169

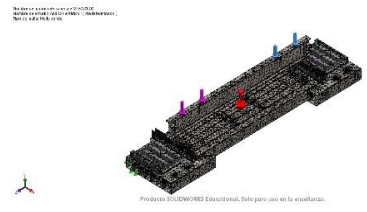
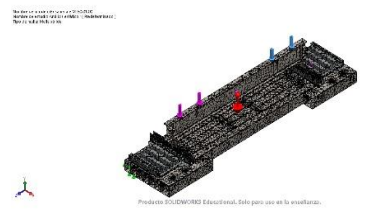
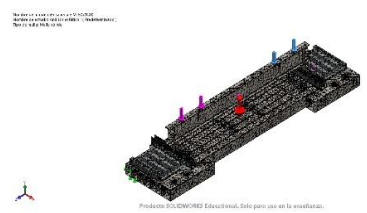
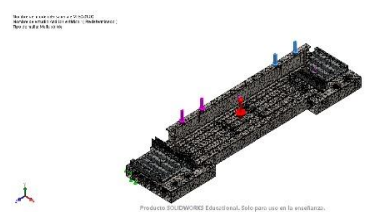
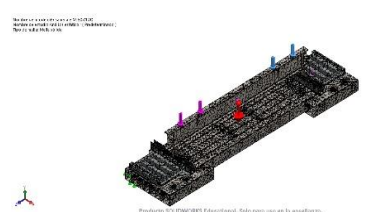
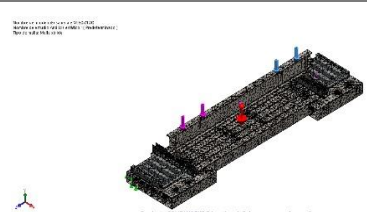
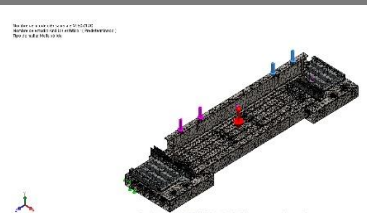
Nombre del modelo: Ensamblaje MT8001.00
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de malla: Malla sólida

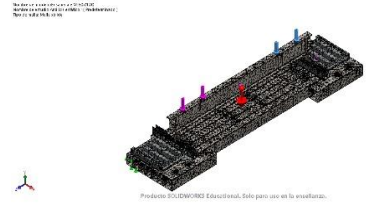
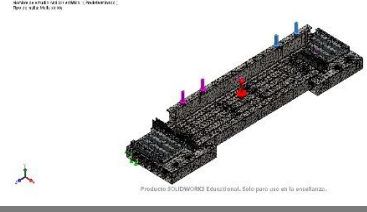
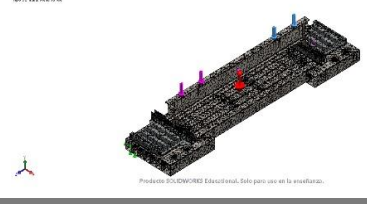
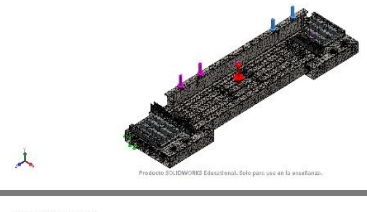
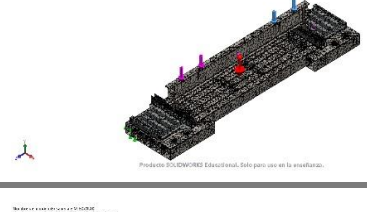
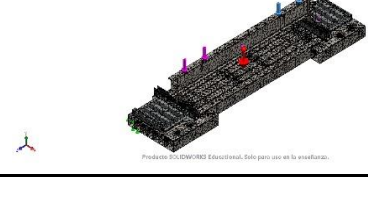


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Información sobre el control de malla:

Nombre del control de malla	Imagen del control de malla	Detalles del control de malla	
Control-1	 <p>Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5	
Control-2	 <p>Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5	

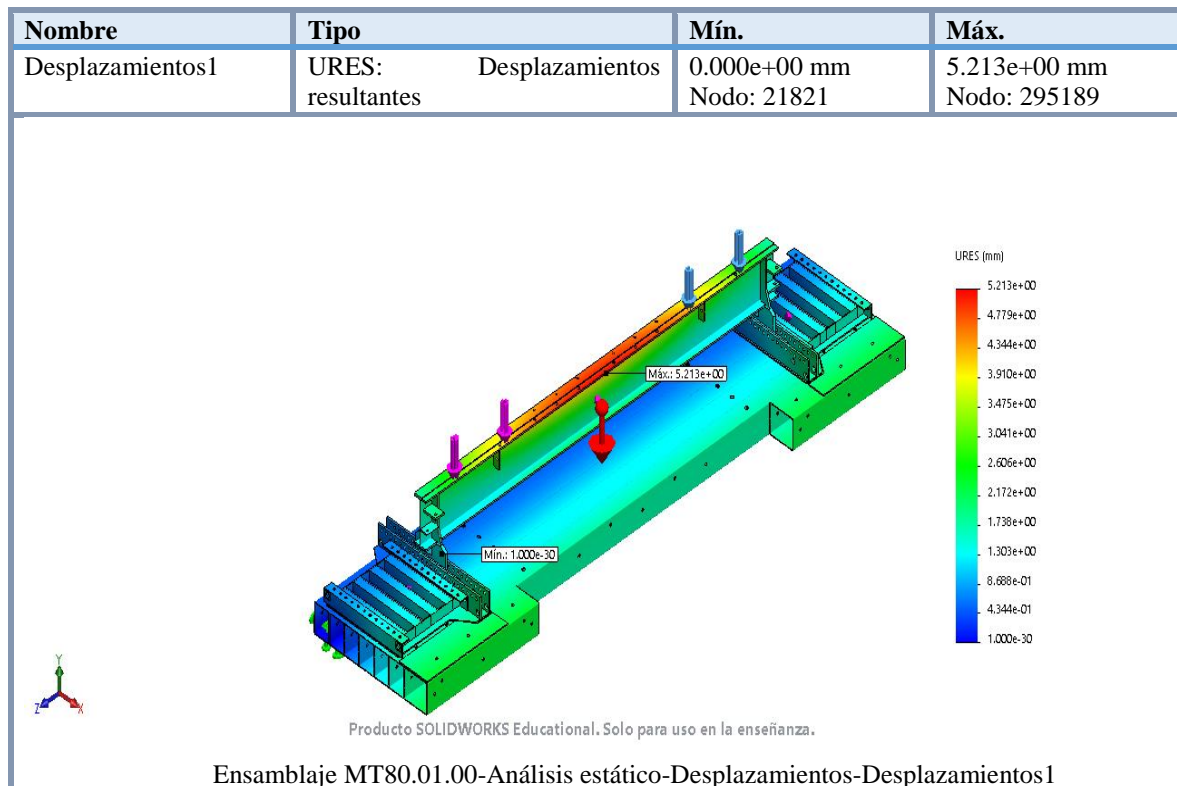
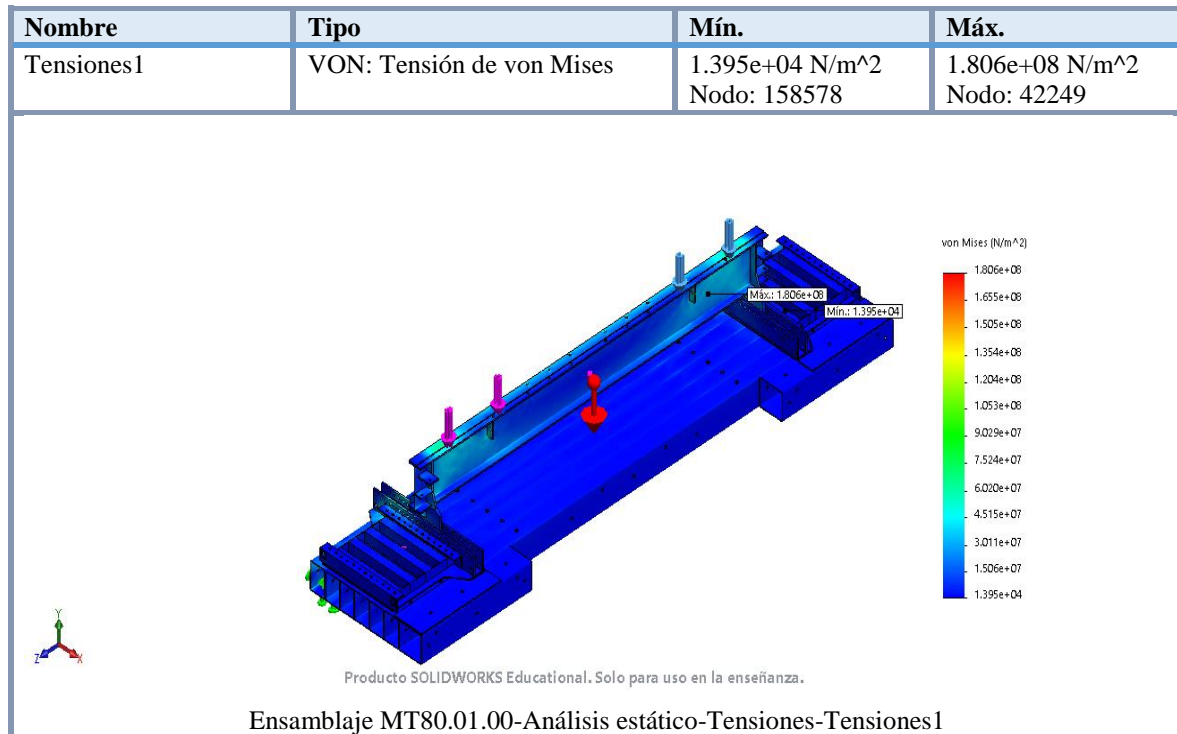
Control-3	 <p>Producto 3D: CILINDRO Educacional, sólo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5
Control-4	 <p>Producto 3D: CILINDRO Educacional, sólo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5
Control-5	 <p>Producto 3D: CILINDRO Educacional, sólo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5
Control-6	 <p>Producto 3D: CILINDRO Educacional, sólo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5
Control-7	 <p>Producto 3D: CILINDRO Educacional, sólo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5
Control-8	 <p>Producto 3D: CILINDRO Educacional, sólo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5
Control-9	 <p>Producto 3D: CILINDRO Educacional, sólo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5

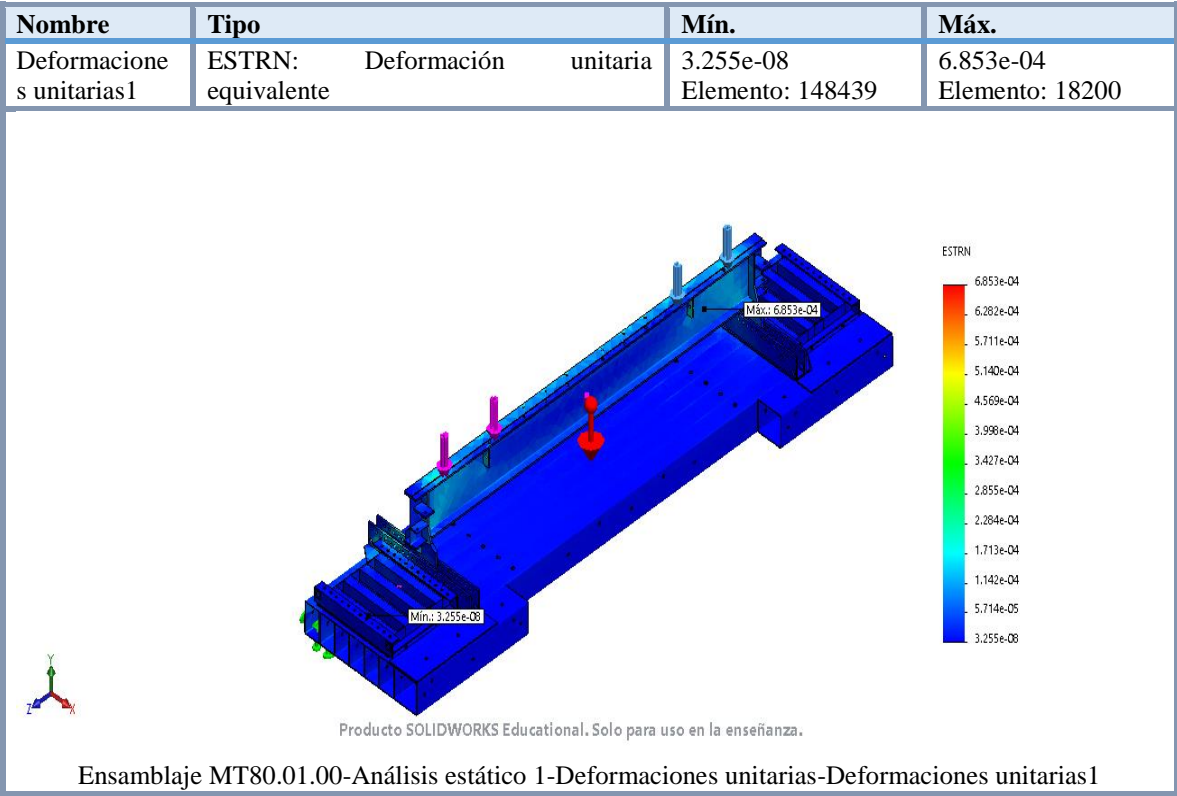
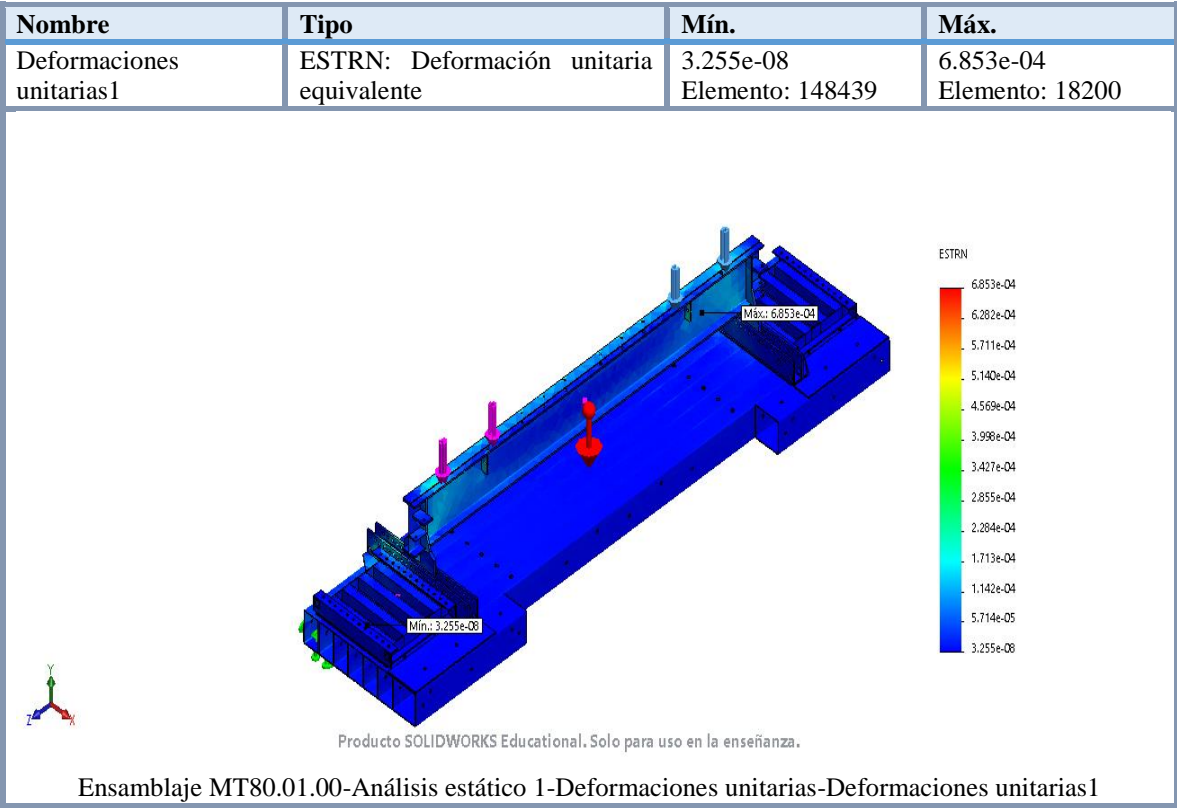
Control-10	 <p>Modelo de un elemento con un eje de simetría. Sección en el plano de simetría (X=0.000000). Sección en el plano de simetría (X=0.000000). Sección en el plano de simetría (X=0.000000).</p> <p>Producto SOLIDWORKS Educativo. Solo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5
Control-11	 <p>Modelo de un elemento con un eje de simetría. Sección en el plano de simetría (X=0.000000). Sección en el plano de simetría (X=0.000000). Sección en el plano de simetría (X=0.000000).</p> <p>Producto SOLIDWORKS Educativo. Solo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5
Control-12	 <p>Modelo de un elemento con un eje de simetría. Sección en el plano de simetría (X=0.000000). Sección en el plano de simetría (X=0.000000). Sección en el plano de simetría (X=0.000000).</p> <p>Producto SOLIDWORKS Educativo. Solo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5
Control-13	 <p>Modelo de un elemento con un eje de simetría. Sección en el plano de simetría (X=0.000000). Sección en el plano de simetría (X=0.000000). Sección en el plano de simetría (X=0.000000).</p> <p>Producto SOLIDWORKS Educativo. Solo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5
Control-14	 <p>Modelo de un elemento con un eje de simetría. Sección en el plano de simetría (X=0.000000). Sección en el plano de simetría (X=0.000000). Sección en el plano de simetría (X=0.000000).</p> <p>Producto SOLIDWORKS Educativo. Solo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5
Control-15	 <p>Modelo de un elemento con un eje de simetría. Sección en el plano de simetría (X=0.000000). Sección en el plano de simetría (X=0.000000). Sección en el plano de simetría (X=0.000000).</p> <p>Producto SOLIDWORKS Educativo. Solo para uso en la evaluación.</p>	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 101.792 Coefficiente: 1.5

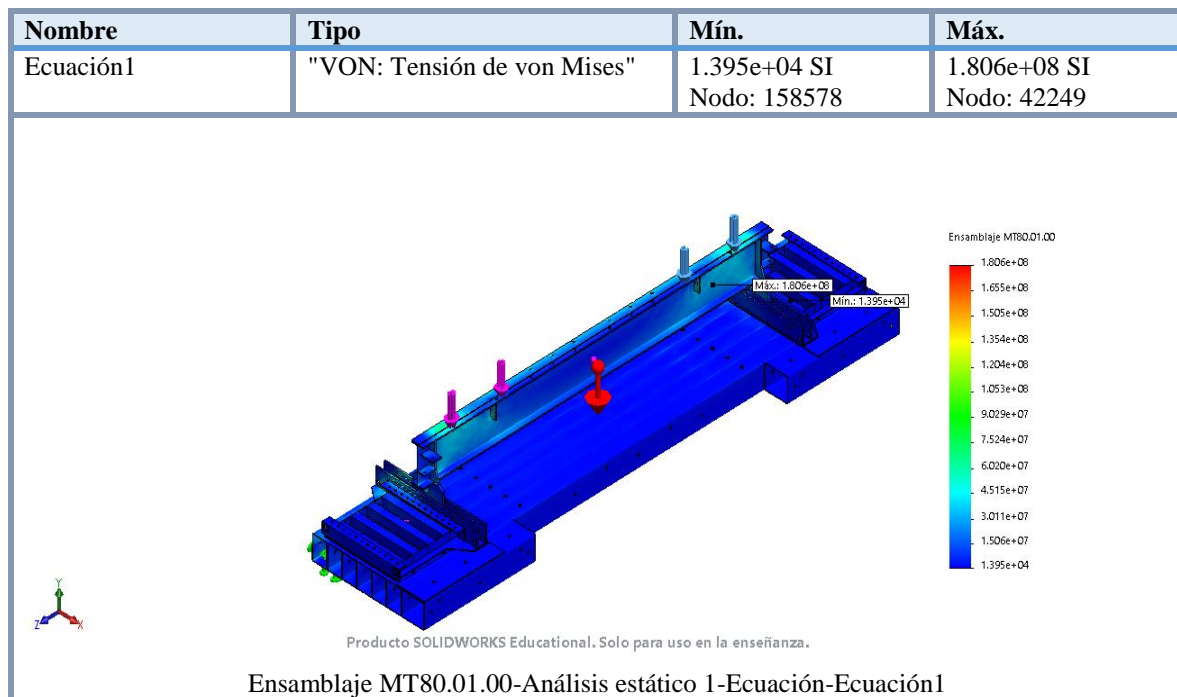
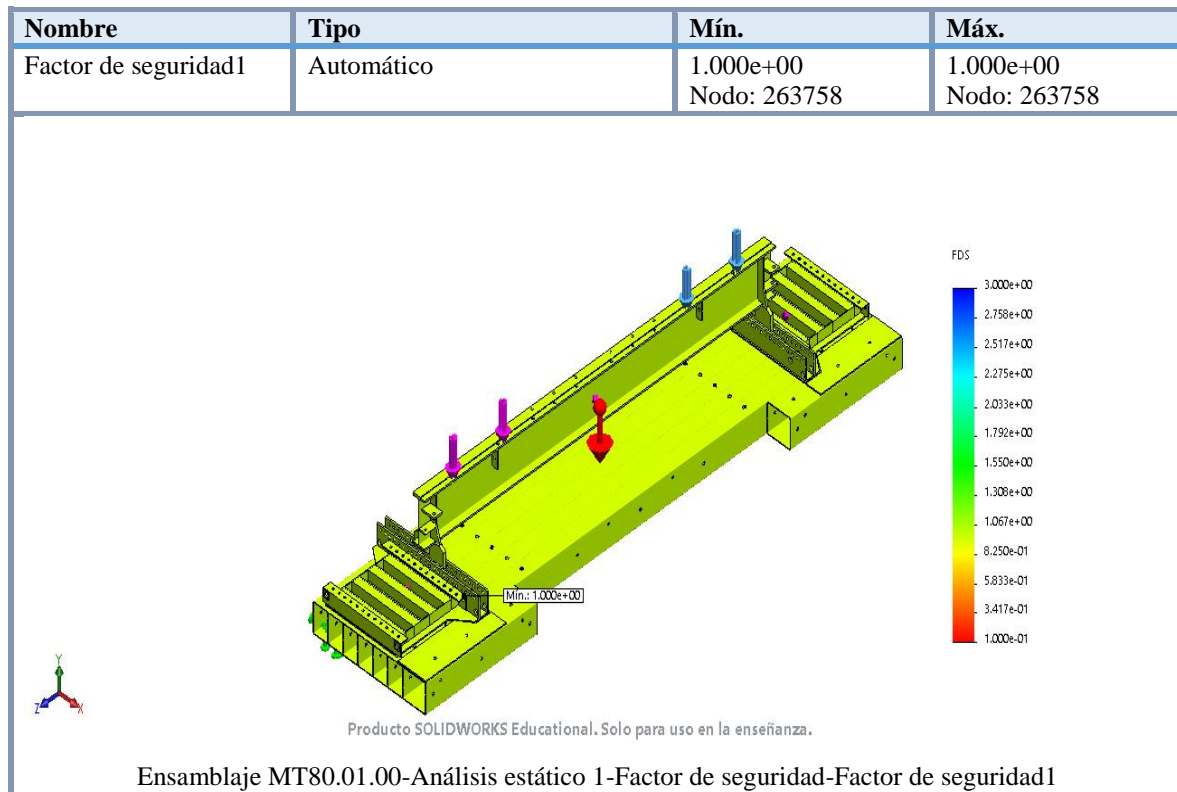
Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-65.7847	152819	-101.501	152819

Resultados del estudio







ANEXO 3. MANUAL DE MONTAJE MUELLE TESTERO.

Para la confección de este manual, se ha tenido en cuenta la disposición de los elementos del muelle cuando se encuentran colocados sobre la vía del ferrocarril.

Como maquinaria en apoyo al montaje se ha considerado el uso de una cargadora telescópica tipo Merlo P60 10.K, la cual deberá ser transportada al lado del contenedor con los elementos necesarios del muelle testero y en la misma plataforma de ferrocarril PMME. De esta forma se pretende aprovechar al máximo el espacio disponible en la plataforma, sirviendo la Merlo P60 10K para el movimiento de piezas con peso superior a los 320 Kg.

De los estudios realizados en la unidad que tiene como misión el montaje del puente Mabey, se ha obtenido cada uno de los elementos que forman el muelle testero y se ha estimado un tiempo de montaje de 50 minutos. Para la consecución de dicho objetivo será necesario al menos un (1) Pn compuesto por ocho (8) Soldados que se encargaran del manejo de las pizas más livianas y dentro de la normativa que prohíbe la carga de peso superior a 40 Kg por persona, con buena condición física.

Para el montaje se estima que el personal que vaya a realizar dicha actividad, deberá estar provisto de material de seguridad, con el objetivo primordial de evitar daños irreparables o que puedan ser evitables con el correcto uso del material de seguridad descrito a continuación.

Material de seguridad:

- Casco de seguridad.
- Calzado de seguridad.
- Protectores de manos y brazos.
- Ropa de alta visibilidad.
- Faja de seguridad.

1. PASOS A SEGUIR PARA EL MONTAJE

Para comenzar a montar el muelle testero sobre las vías, lo primero que se ha de tener en cuenta es la dirección en que va a realizarse la operación de carga o descarga, de esta manera podremos orientar el muelle en la dirección adecuada.

Otra de las consideraciones que deberemos de tener en cuenta es la vía por la que se va a producir la operación de cargar o descargar los vagones del ferrocarril con la finalidad de elegir bien la vía en la que vamos a montar nuestro muelle testero.

Una vez que hayamos tenido en cuenta estos dos primeras consideraciones y apoyándonos en la maquina “Merlo”, cargaremos las piezas de mayor envergadura y con ello las más pesadas, comenzando el montaje por los elementos más próximos a la plataforma de embarque del tren y terminado con los elementos de la zona más baja y alejada.

PASOS:

- 1.1. Primero, tendremos que conocer el ancho de la vía férrea, para lo cual mediremos ancho de vía y sobre ella colocaremos las 6 primeras piezas NLC 19536 (*Figura 35*). Estos elementos son de sección rectangular de longitud 6.4 m y una sección de 200x300x7mm. Estas piezas son importantes que estén bien asentadas sobre la superficie de 0.2 m y bien centradas con las vías del ferrocarril. Esta distancia será variable dependiendo de los distintos anchos de vías. Cada una de las secciones tiene un peso de 405,52Kg por lo que se recomienda que sean colocadas por la “Merlo”.

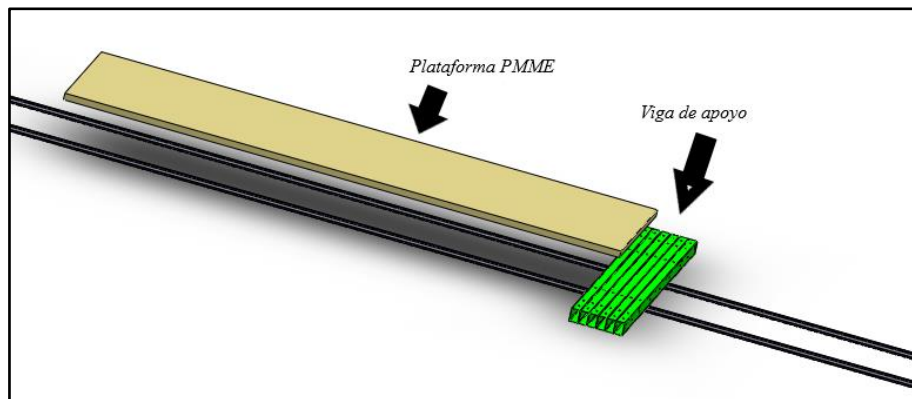


Figura 35 Viga de apoyo NLC 19536. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.2. A continuación, se unirán las 6 piezas de sección rectangular mediante 9 pernos de vigas de apoyo NLC 19536, atravesando en la misma dirección que van las vías por los orificios que están disponibles en el lateral de estas secciones (*Figura 36*).



Figura 36 Pernos NLC 19536. **Fuente:** Autor.

- 1.3. Una vez que hemos unido las 6 vigas de apoyo NLC 19536, podremos poner las otras 2 vigas de apoyo cortas NLC 19537 (*Figura 37*), como se muestra en la figura anterior. Estas van unidas a las otras 6 vigas de apoyo. Las vigas de apoyo corto, tienen una sección cuadrada de 300.7 mm, una longitud de 1.5 m, cada una. y un peso de 114,7 Kg.

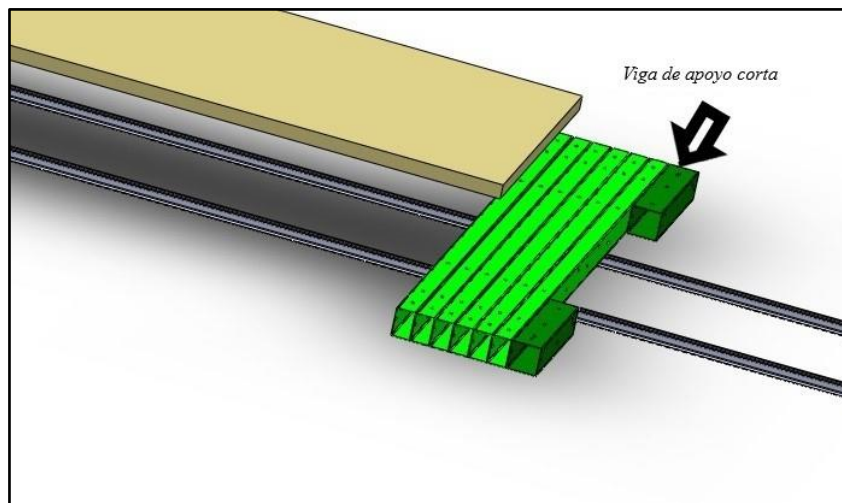


Figura 37 Viga de apoyo corta. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.4. Después de haber asentado sobre las vías del ferrocarril las vigas de apoyo, comenzaremos a colocar la primera parte de la estructura de la rampa, para lo cual se empezará poniendo sobre las vías de apoyo el enrejado superior NLC 19535 (*Figura 38*). Cada uno tiene un peso de 295,75 Kg, con lo que podrá ser transportado y colocado por el personal que vaya a montar la rampa. Tendrán que ir colocados en los extremos de las vigas de apoyo teniendo en cuenta su posición para poder colocar el resto de elementos.

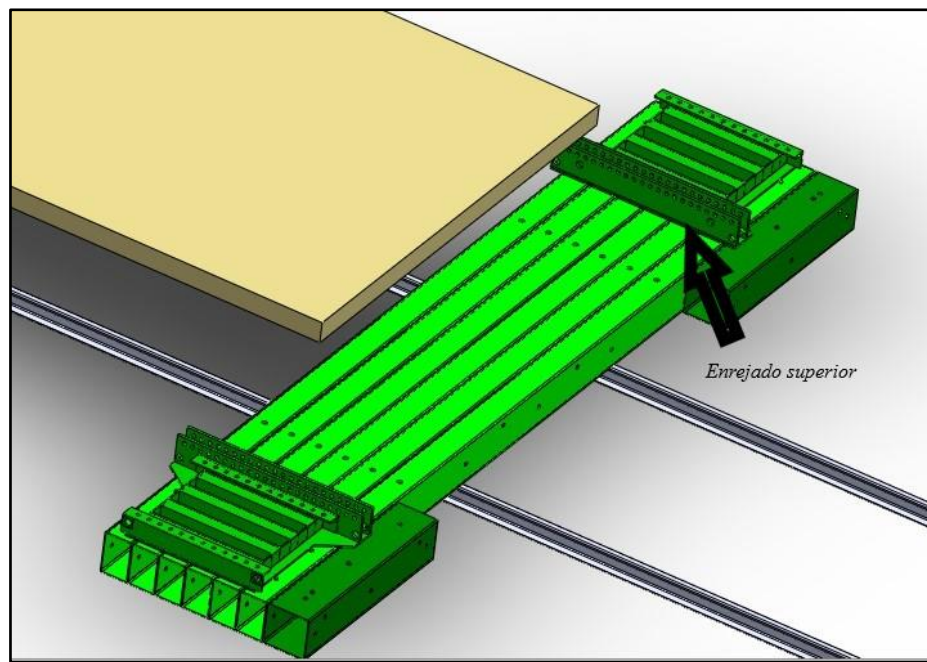


Figura 38 Enrejado superior NLC 19535. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.5. Seguidamente se colocará en el lateral de cada uno de los enrejados una placa de ensamblaje de enrejado NLC 19540 (*Figura 39*), para fijar cada uno de estos a las vigas de apoyo.

Cada uno de las placas de enrejado, lleva dos (2) pernos MC 431, los cuales irán colocados en la parte superior de las placas y atravesarán la viga de apoyo corta, fijando la estructura.

Cada placa pesa 55.62 Kg.

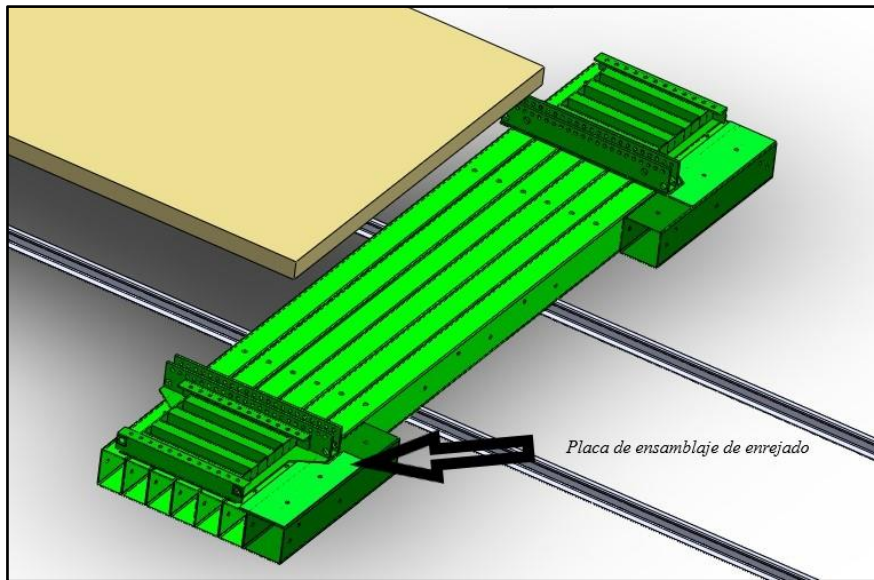


Figura 39 Ensamblaje enrejado superior. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.6. Una vez colocadas las placas, podemos proceder a colocar el travesero de cabeza de rampa NLC 19534 (*Figura 40*), este elemento tiene un peso de 527.3 Kg, por lo que será necesario el uso de la “Merlo” para posicionarlo sobre los enrejados superiores. El personal que se encarga del montaje deberá dar las indicaciones adecuadas para que el operador de la “Merlo” coloque el travesero en la posición correcta. Dicho operador deberá ser especialmente cuidadoso, ya que es una de las piezas de mayor peso del muelle testero y el hueco para su ubicación son extremadamente estrechos.

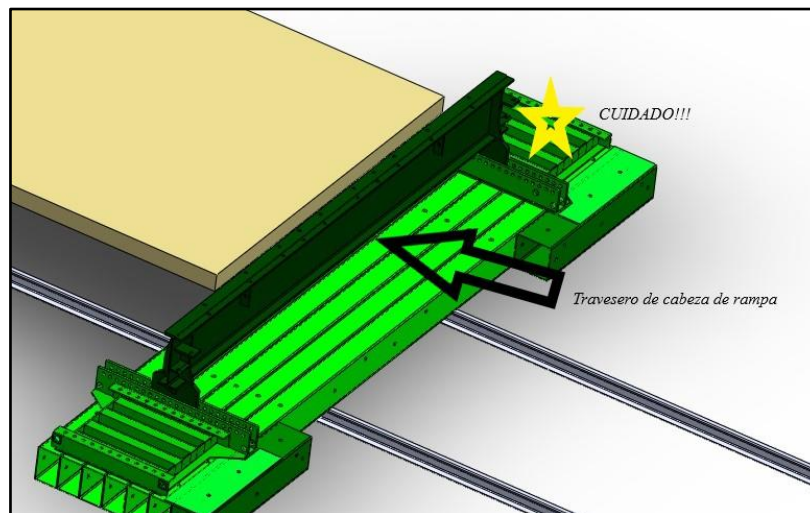


Figura 40 Travesero cabeza de rampa NLC 19534. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.7. A continuación, se colocarán las placas de incremento de enrejado NLC 19539 (*Figura 41*) Y tres (3) pernos MC 433, los cuales se van a encargar de unir el travesero de cabeza de rampa con el enrejado superior. Fijándolo sobre la estructura. Las placas de incremento de enrejado van a ir colocadas entre la pata del travesero y el enrejado. Estas piezas tienen un peso de 27.35 Kg, cada una.

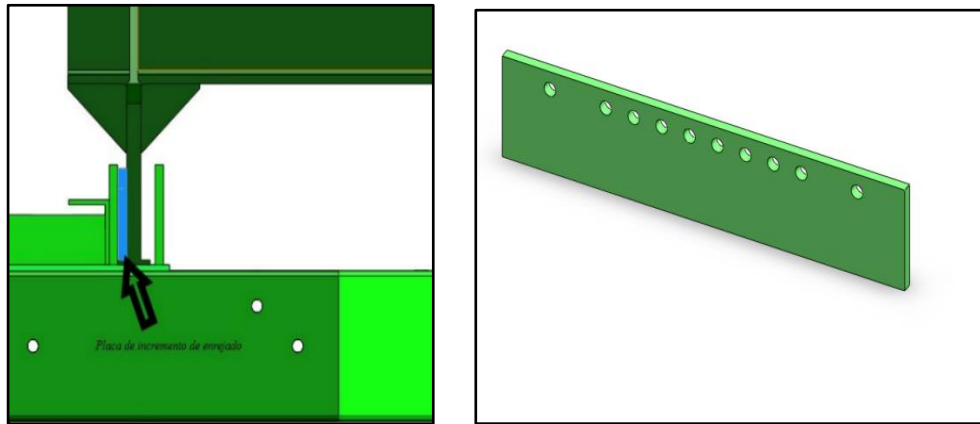


Figura 41 Incremento de enrejado NLC 19539. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.8. Una vez sujeta esta estructura, podemos disponernos a colocar la viga de relleno de tablero MC 364 (*Figura 42*), el cual irá sujeta en la parte superior del travesero de rampa mediante ocho (8) pernos MC 431. Tiene un peso de 52 Kg y su principal función es cerrar el espacio que queda entre las placas de suelo del muelle transfer y la plataforma de ferrocarril PMME.

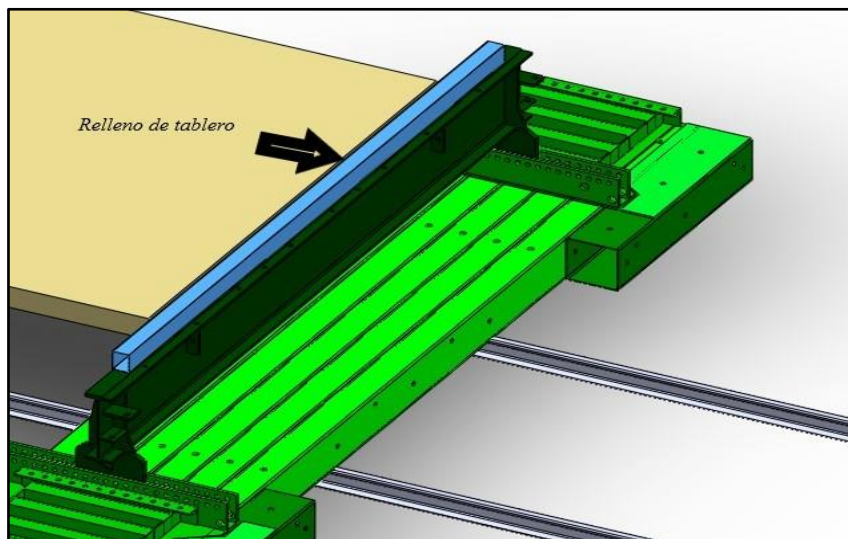


Figura 42 Viga de relleno MC 364. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.9. El siguiente paso que será necesario dar, es la colocación de unos traveseros de madera de sección rectangular de 100x200 mm, y longitud 1.5 m, estos traveseros formaran la base para colocar la siguiente sub-estructura del muelle testero. Para lo cual se medirá una longitud de 1.416 m, desde la viga de apoyo corta en dirección opuesta a la plataforma de ferrocarril y a una distancia de 0.94 m, desde la vía férrea. Se apoyará sobre el terreno la superficie de 0.2 m, obteniendo una altura de 0.1 m, sobre el terreno. Se colocarán siete (7) tablonces contiguos, para conseguir una base suficientemente grande para colocar la siguiente pieza del muelle testero.
- 1.10. A continuación, podremos colocar la Placa de soporte del poste de la rampa NLC 19544 (*Figura 43*), esta placa tiene 4 piezas centrales soldadas que nos servirán para unir mediante pernos MC 431 la siguiente pieza. Cada una de estas placas pesa 249.30 Kg. Debajo de cada una de las placas estará la base de traveseros de madera descrita en el apartado anterior.

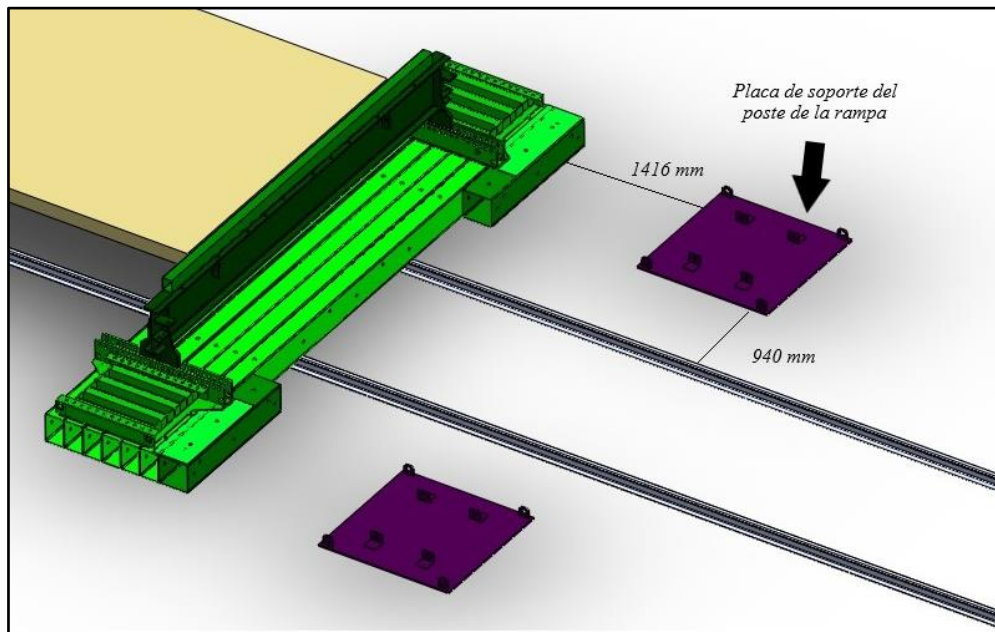


Figura 43 Placa de soporte del poste de la rampa NLC 19544. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.11. Ahora podremos colocara la siguiente pieza, el poste de rampa NLC 19543 (*Figura 44*) y sujetarlo a la placa de soporte del poste de rampa mediante los pernos MC 431. Estas piezas son regulables en altura y con ellas conseguiremos que la pendiente del muelle testero sea inferior al 10%.

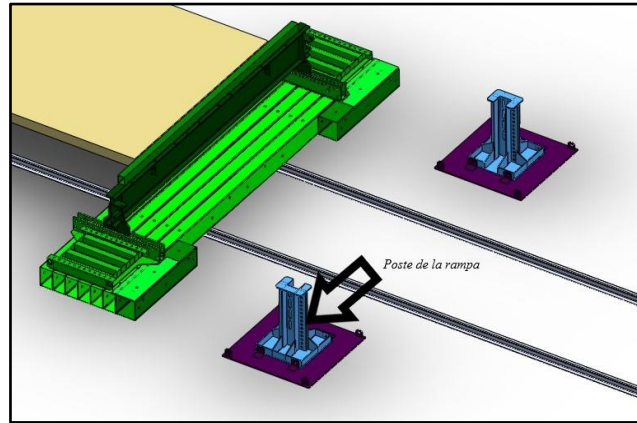


Figura 44 Poste de la rampa. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.12. Una vez estén sujetas las dos piezas anteriores, colocaremos las placas de soporte de travesero NLC 19564 (*Figura 45*). Tiene un peso cada uno de 18.48 Kg. Para lo cual debemos de tener en cuenta que estas piezas junto con el poste de rampa, nos van a ayudar a conseguir la inclinación deseada. A lo largo del poste de rampa hay unos agujeros perforados, dichos agujeros nos servirán para fijar la placa de soporte de travesero sobre la que se asentara la siguiente pieza. Se unirán mediante dos (2) pernos cada placa al poste.

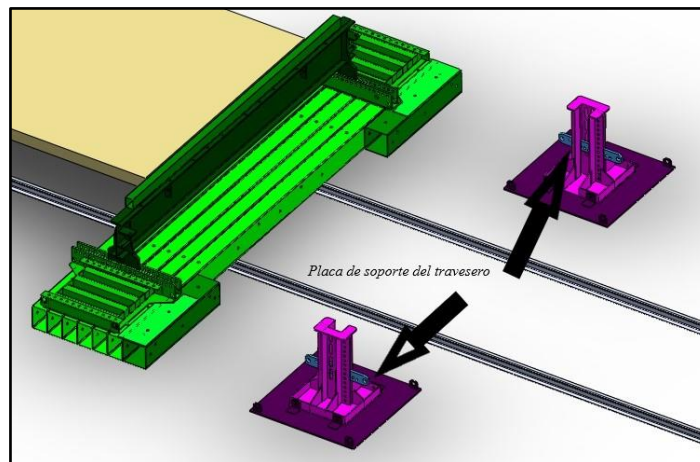


Figura 45 Placa soporte travesero. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.13. La siguiente pieza, tendrá que ser movida mediante la “Merlo” ya que pesa 478.22 Kg. El travesero de rampa intermedia NLC 19542 (*Figura 46*), va sujeta a los postes de la rampa mediante cuatro (4) pernos MC 431 y apoyado sobre la placa de soporte del travesero, ambas descritas en los apartados anteriores.

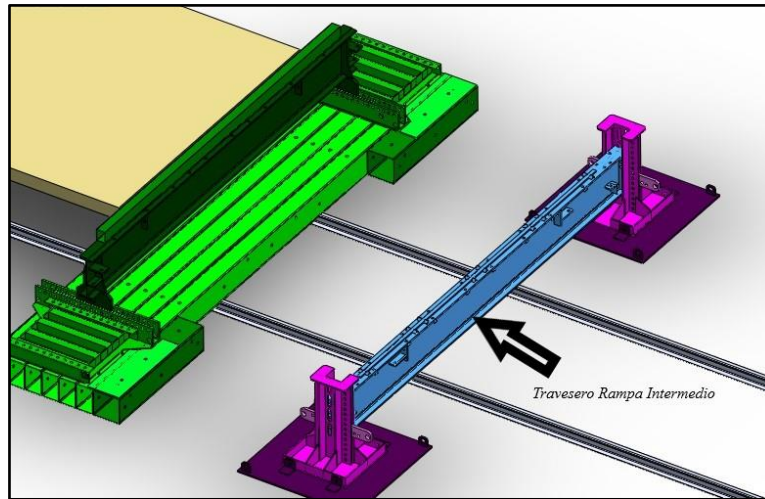


Figura 46 Travesero de la rampa intermedia NLC 19542. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.14. El siguiente paso será unir las dos estructuras que se encuentran montadas mediante dos tipos de diagonales. Primero pondremos las diagonales de arriostamiento vertical MC 134 (*Figura 47*). A cada uno de los lados se colocarán cuatro (4) diagonales unidas mediante pernos de travesero, dos a cada lado, en total ocho (8) pernos MC 431.

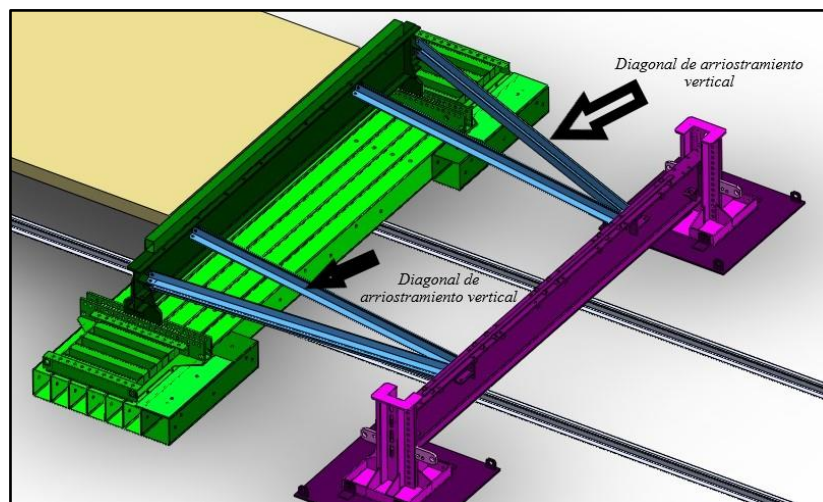


Figura 47 Diagonal de arriostamiento MC 134. **Fuente:** Diseño propio.

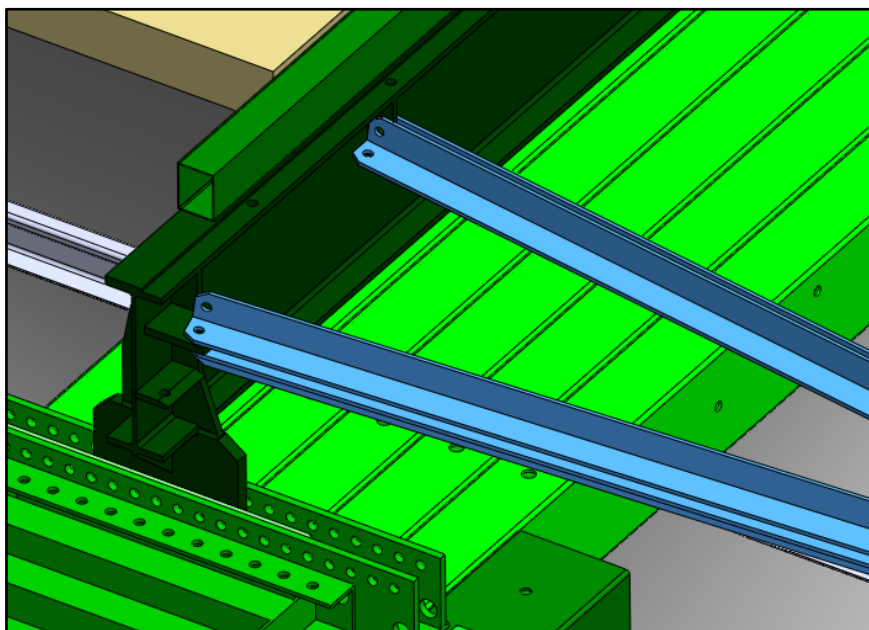


Figura 48 Detalle diagonal de arriostramiento MC 134. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.15. Debemos continuar colocando las otras diagonales de arriostramiento vertical NLC 19570 (*Figura 49*), cada una tiene un peso de 43 Kg. Unidas en sus extremos mediante Pernos MC 431. Con estas diagonales conseguiremos dar una mayor estabilidad a la estructura, uniendo ambos traveseros mediante diagonales.

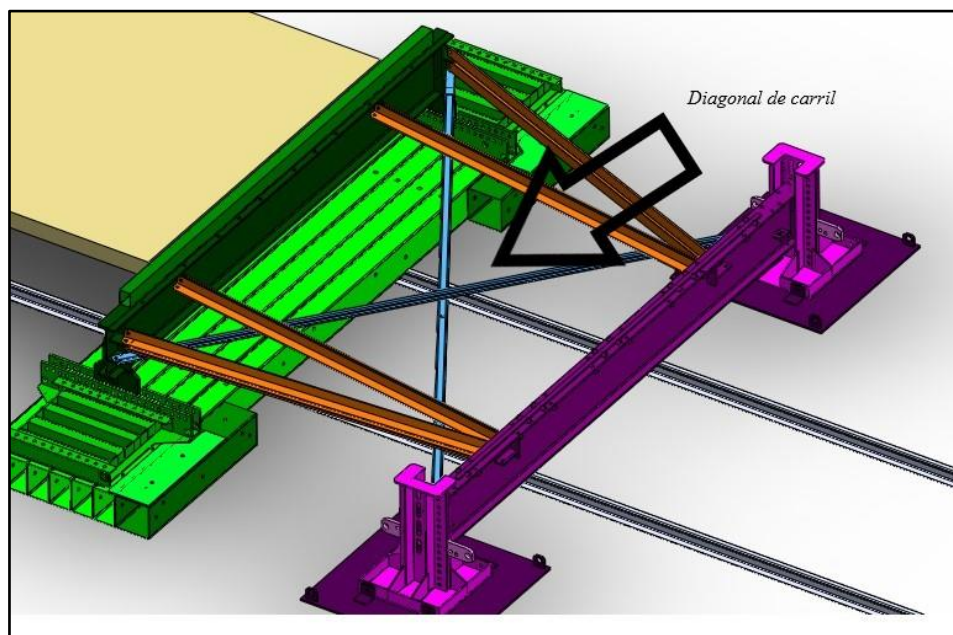


Figura 49 Diagonales de arriostramiento vertical NLC 19570. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.16. Una vez fijado los dos traveseros mediante las diagonales, procederemos a colocar sobre las vías el travesero de la base de la rampa NLC 19548 (*Figura 50*), esta pieza es la más pesada y habrá que moverla con la “Merlo”, pesa 542.26 Kg. Tenemos que tener en cuenta que debe estar a una distancia de 2.09 m desde las placas de soporte del poste de la rampa.

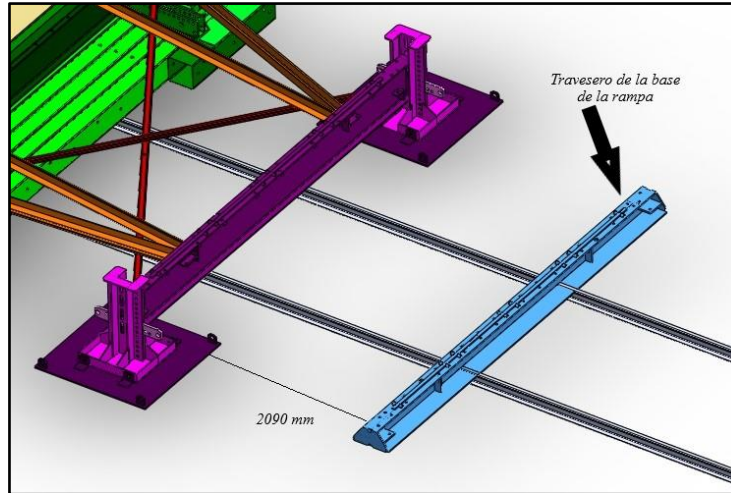


Figura 50 Base de la rampa NLC 19548. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.17. De igual manera que con los traveseros de cabeza de rampa y travesero de rampa intermedia, fijaremos el travesero intermedio al travesero de la base de la rampa mediante diagonales de arriostamiento MC 134 (*Figura 51*).

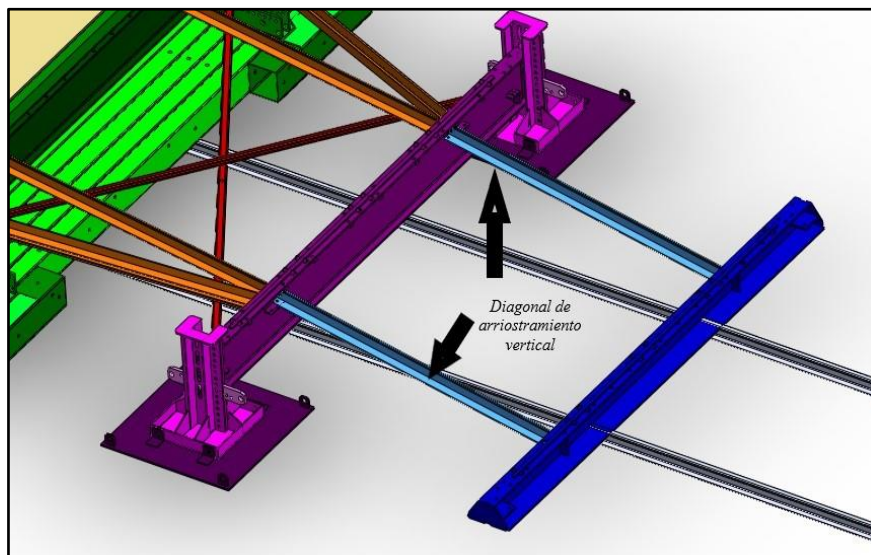


Figura 51 Diagonales de arriostamiento MC 134. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.18. Una vez tengamos unidas estas diagonales, procederemos a unir las diagonales de carril (*Figura 52*) de la misma forma que hicimos en el punto 1.15.

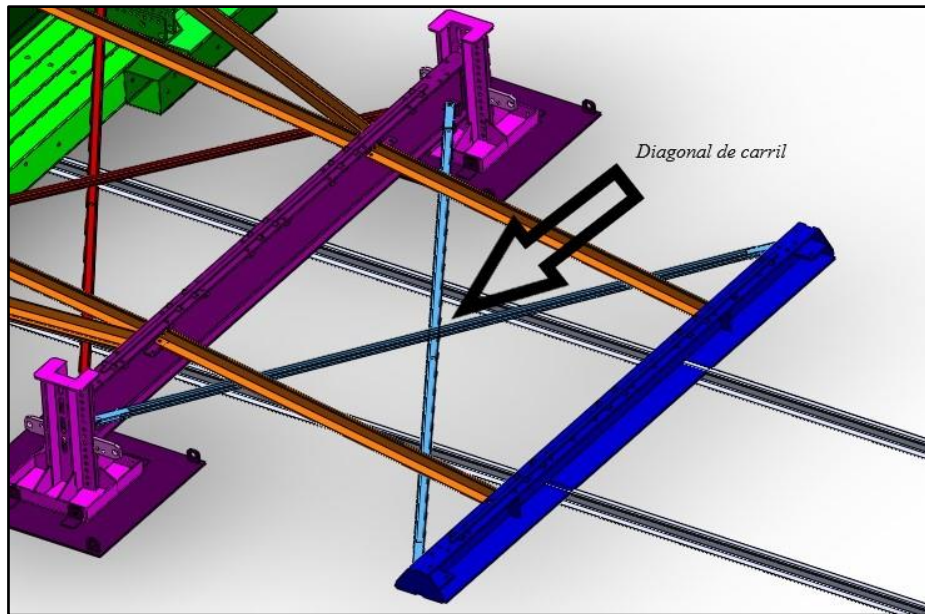


Figura 52 Diagonales de arriostramiento vertical NLC 19548. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.19. El siguiente paso consistirá en colocar la placa de apoyo de la base de la rampa NLC 19545 (*Figura 53*). Esta placa pesa 175.7 Kg, para ello tendremos que apoyarla sobre las dos vías y paralelo al travesero de la base de la rampa a una distancia de 2.655 m.

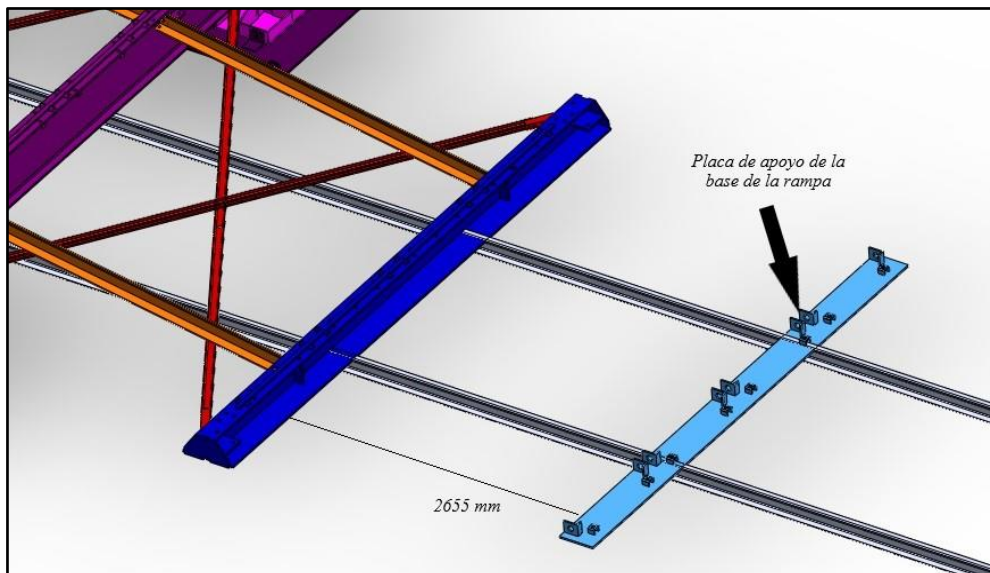


Figura 53 Placa de apoyo de la base de la rampa NLC 19545. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.20. A partir de ahora comenzaremos a colocar el piso del muelle testero, empezando desde la parte más baja hasta llegar a la plataforma del ferrocarril. Empezaremos colocando los cuatro pies de la rampa NLC 19546B (*Figura 54*). Cada uno de ellos pesa 255 Kg. Tenemos que tener en cuenta que deberemos poner al menos dos (2) tablones de madera debajo entre las dos vías, otros dos (2) tablones a cada lado de las vías y en el inicio de la rampa de 100x200mm, para conseguir que apoye sobre ellas los pies de rampa.

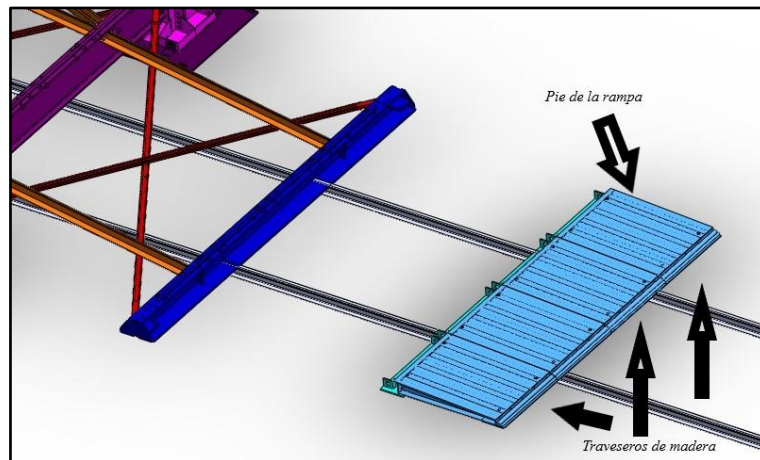


Figura 54 Pie de la rampa NLC 18546B. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.21. El siguiente paso consistirá en colocar los siguientes cuatro pisos de acero NLC 19546 (*Figura 55*). Cada uno de ellos pesa 333.6 Kg. Estos servirán de unión entre la placa de apoyo de la base de la rampa y el traviesero de la base de la rampa.

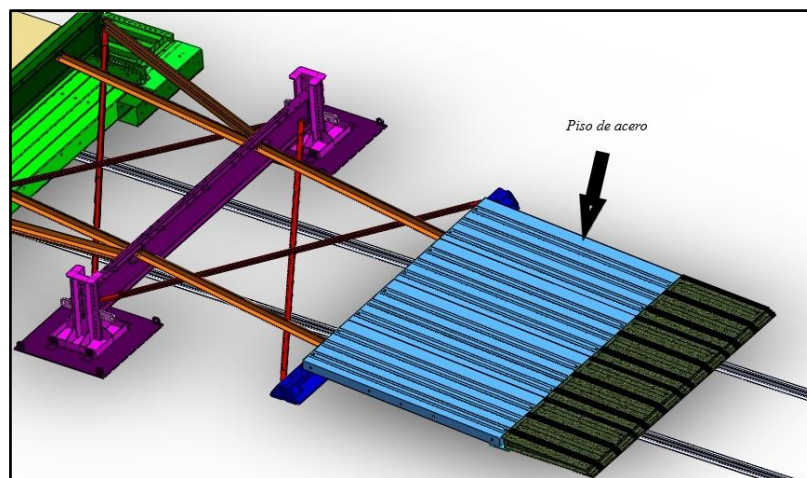


Figura 55 Piso de acero NLC 18546. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.22. De igual manera que hicimos en el punto anterior iremos colocando los otros siguientes cuatro pisos de acero (*Figura 56*) entre el travesero intermedio y el travesero de la base de la rampa.

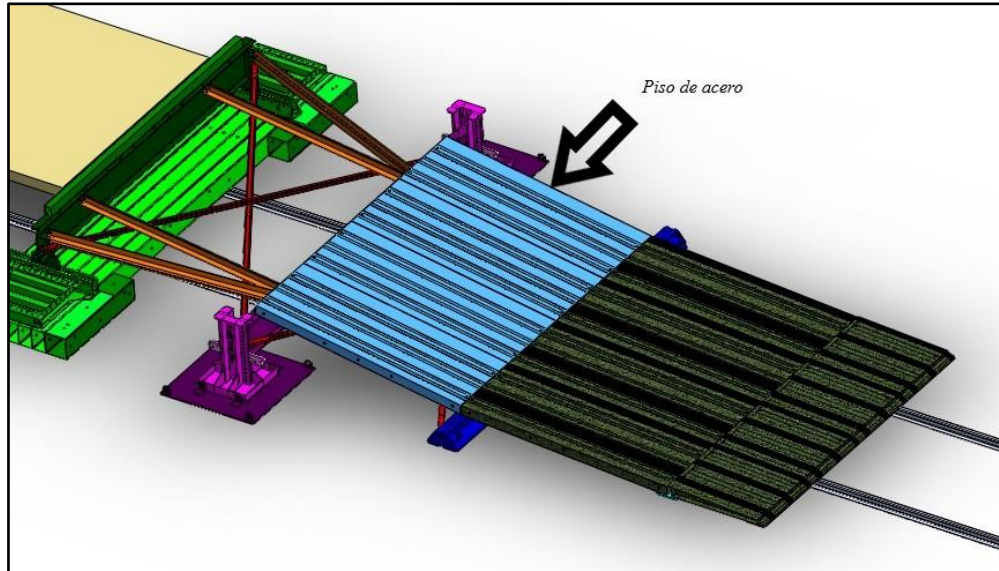


Figura 56 Piso de acero NLC 18546. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.23. Se deberá continuar colocando los últimos cuatro pisos de acero (*Figura 57*) que unirán el travesero de cabeza de rampa con el travesero de rampa intermedia. Lo que nos permitirá completar el suelo de la rampa.

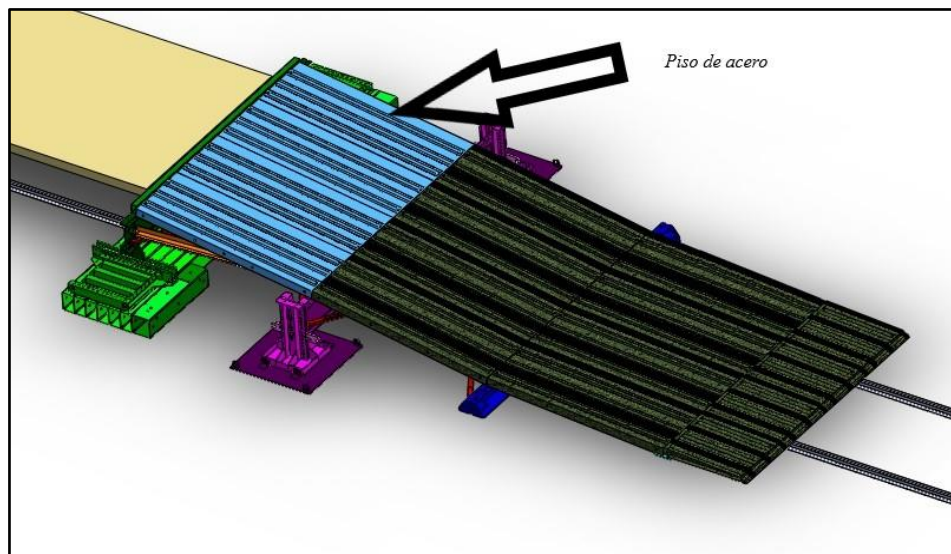


Figura 57 Piso de acero NLC 18546. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.24. Para terminar, colocaremos los bordillos de tablero de rampa MC 300 (*Figura 58*), sobre los últimos ocho pisos de acero que han sido colocados. Pondremos uno a cada lado de los pisos de acero de los laterales. Esto ayudara a evitar la caída o un accidente en la carga o descarga de vehículos. Cada uno estará sujeto mediante cuatro (4) pernos MC 436 a los pisos de acero. Véase dibujo para mayores aclaraciones.

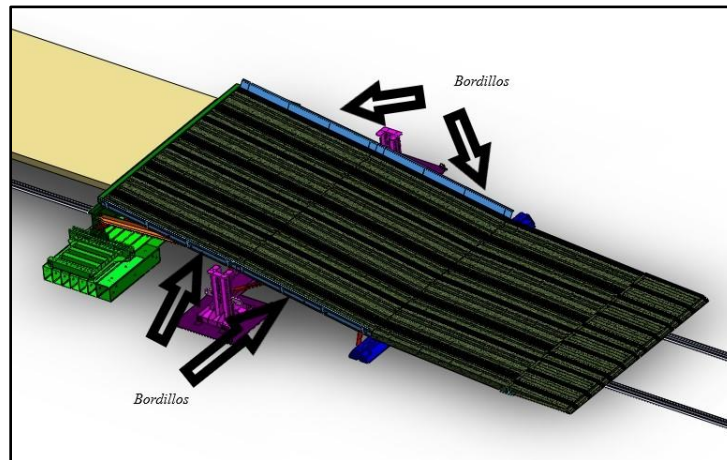


Figura 58 Bordillo MC 300. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.25. Se colocarán cuatro (4) casquillos de poste indicador NLC 19552 (*Figura 59*), sobre el travesero de la rampa intermedia en los extremos y sobre el travesero de la base de la rampa. Lleva otros dos (2) simétricos en el lado contrario al muelle testero. Cada uno de los casquillos de poste indicador está sujeto mediante dos (2) pernos MC430.

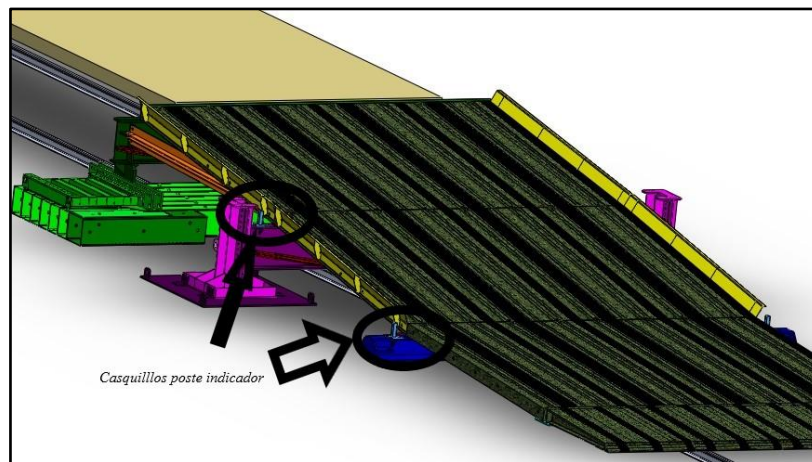


Figura 59 Casquillos poste indicador NLC 19552. **Fuente:** Diseño propio.

- 1.26. Para finalizar, deberemos colocar sobre los casquillos de poste indicador los correspondientes morcadores de poste NLC 25030 (*Figura 60*).

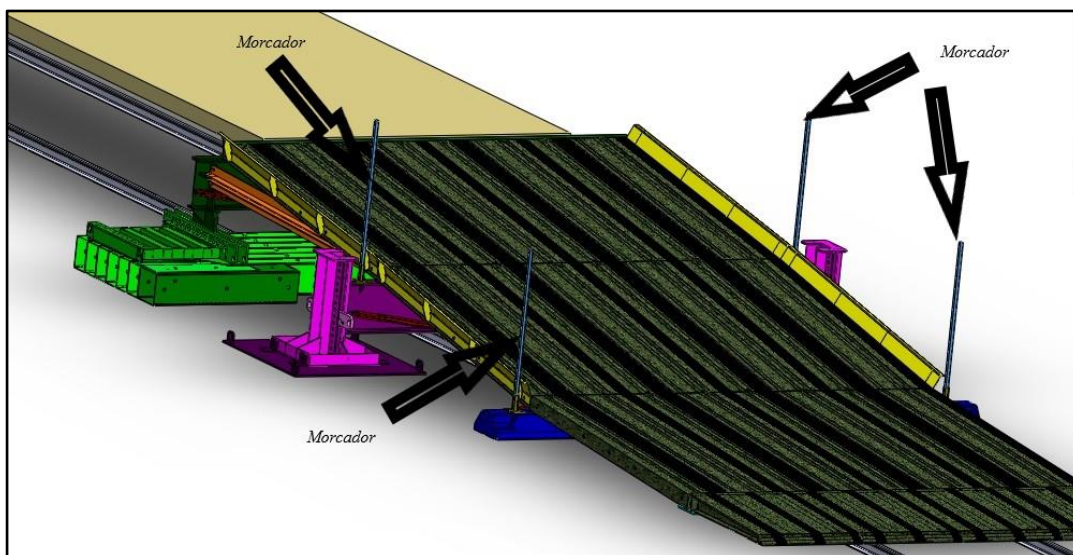


Figura 60 Poste indicador de rampa NLC 25030. **Fuente:** Diseño propio.

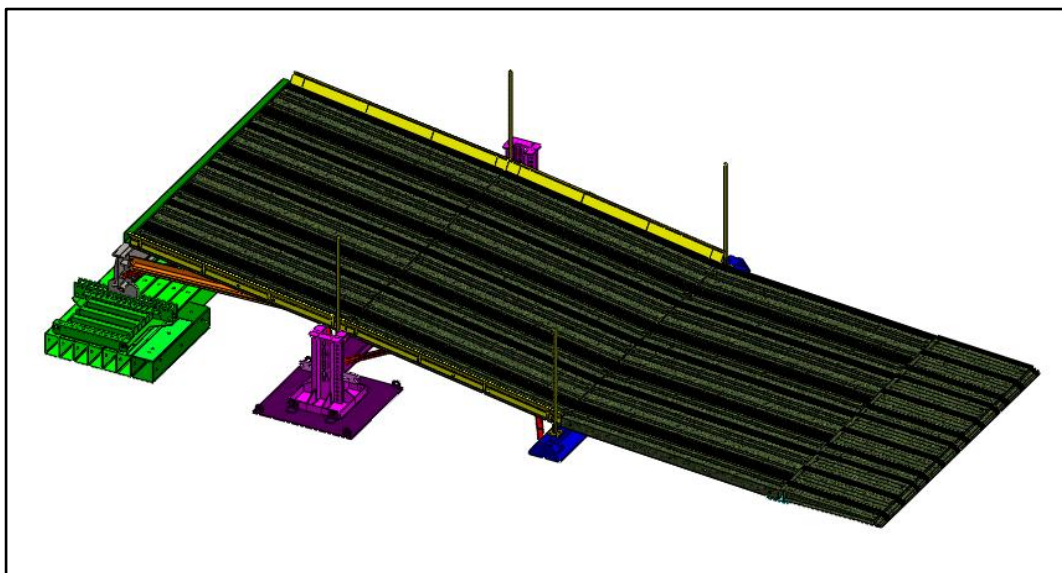


Figura 61 Muelle testero. **Fuente:** Diseño propio.

2. MATERIAL NECESARIO DEL MUELLE TESTERO.

Tabla 3 Material necesario montaje muelle tetero. **Fuente:** Elaboración propia.

ELEMENTOS					
Numero	REFERENCIA	Nombre	Cantidad	Peso Unidad (Kg.)	Peso Total (Kg.)
1	MC 134	Diagonal carril	4	43,00	172,00
2	MC 300	Bordillos tablero rampa	4	36,00	144,00
3	MC 364	Relleno de tablero de rampa de acero	1	52,00	52,00
4	MC 378	Tornillos de tablero rampa	16	0,25	4,00
5	MC 379	Tuercas de tablero	16	0,18	2,88
6	MC 430	Perno unión	18	0,28	5,04
7	MC 431	Perno de travesero	32	0,39	12,48
8	MC 433	Pernos de cordón	6	0,66	3,96
9	MC 436	Tuercas M24	72	0,15	10,80
10	NLC 18357	Tornillo de tablero de la rampa	32	0,68	21,76
11	NLC 19534	Travesero Cabeza de Rampa	1	527,30	527,30
12	NLC 19535	Enrejado superior	2	293,75	587,50
13	NLC 19536	Viga de apoyo	6	405,52	2433,12
14	NLC 19537	Viga de apoyo corta	2	114,70	229,40
15	NLC 19538	Pernos de vigas de apoyo	9	6,45	58,05
16	NLC 19539	Placas de incremento de enrejado	2	27,35	54,70
17	NLC 19540	Placa de ensamblaje	2	55,62	111,24
18	NLC 19541	Plancha de soporte de apoyo triple	2	70,02	140,04
19	NLC 19542	Travesero Rampa Intermedia	1	478,82	478,82
20	NLC 19543	Poste de la rampa	2	194,50	389,00
21	NLC 19544	Placa de soporte del poste de la rampa	2	249,30	498,60
22	NLC 19545	Placa de apoyo base de la rampa	1	175,70	175,70
23	NLC 19546	Tableros rampa	8	333,60	2668,80
24	NLC 19546-B	Bases de la rampa	4	255,00	1020,00
25	NLC 19548	Travesero de la base de rampa	1	542,26	542,26
26	NLC 19552	Casquillo poste indicador	4	2,57	10,28
27	NLC 19564	Placa soporte del travesero	2	18,48	36,96
28	NLC 19570	Diagonal de arriostamiento vertical de la rampa	12	42,56	510,72
29	NLC 25030	Poste indicador de rampa	4	3,55	14,20
				TOTAL	10915,61

Todos los datos adjuntos han sido tomados del manual del Puente Mabey Compact 200.

Las imágenes han sido diseñadas a través de la aplicación informática Solidworks, tomando cada una de las medidas directamente sobre las piezas en el terreno.

3. VISTAS EXPLOSIONADAS DE SOLIDWORKS.

Se incluyen unas vistas explosionadas en planos de despiece del muelle testero. Además, también se incluyen unos planos de piezas en formato DIN A2, de los elementos principales, para una mejor comprensión.

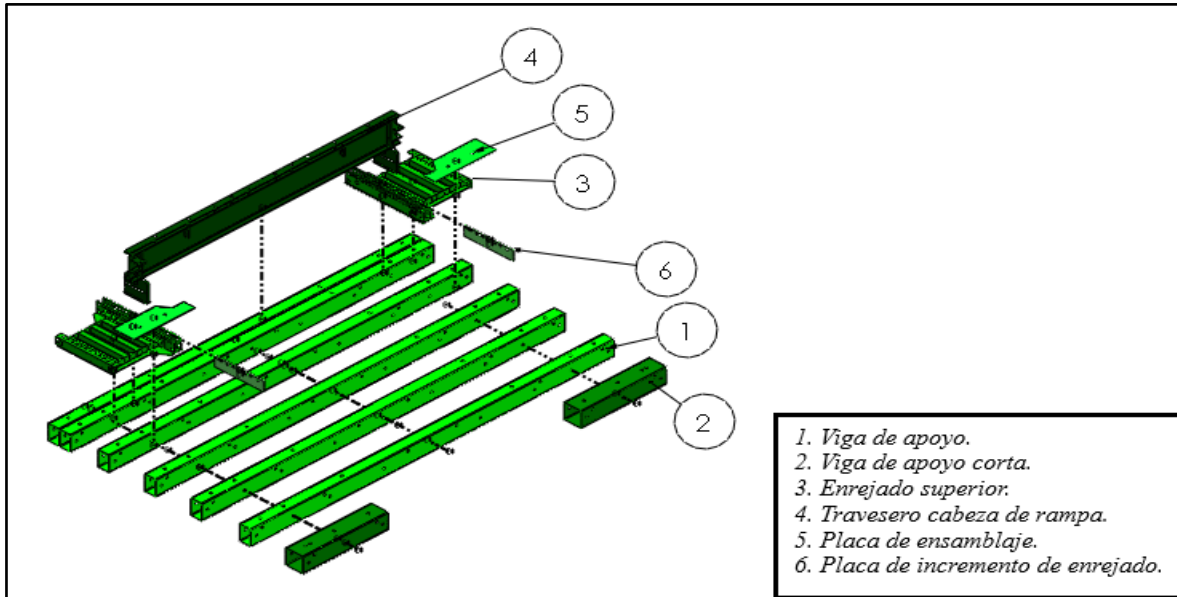


Figura 62 Vista explosionada cabeza rampa. **Fuente:** Elaboración propia.

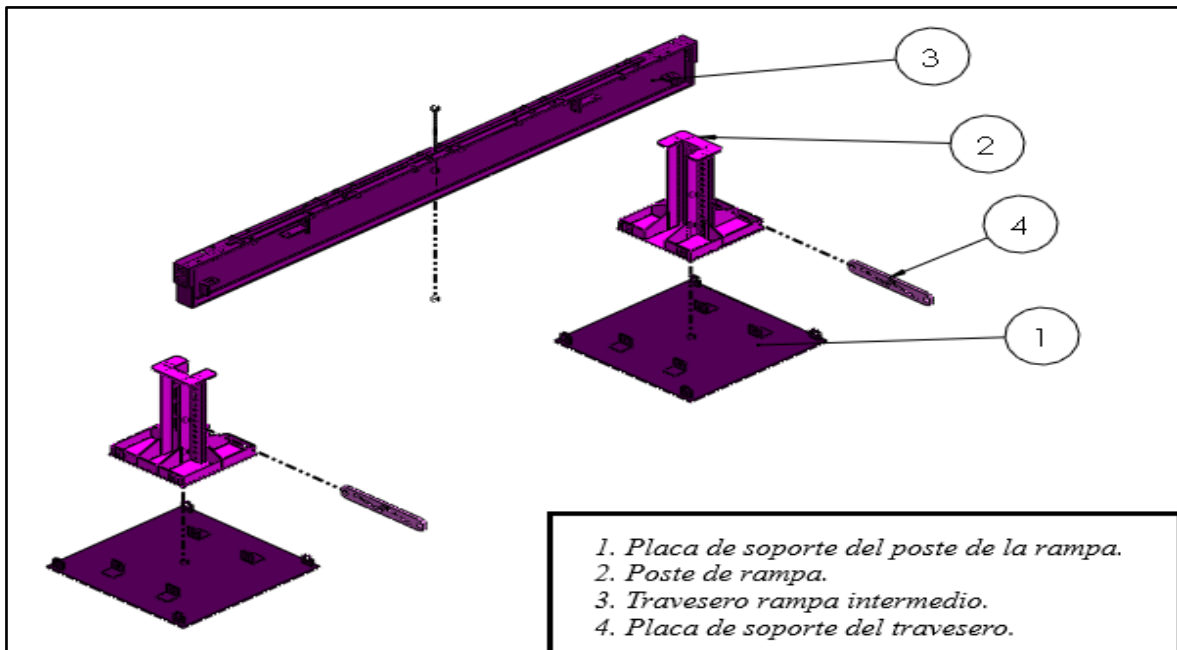
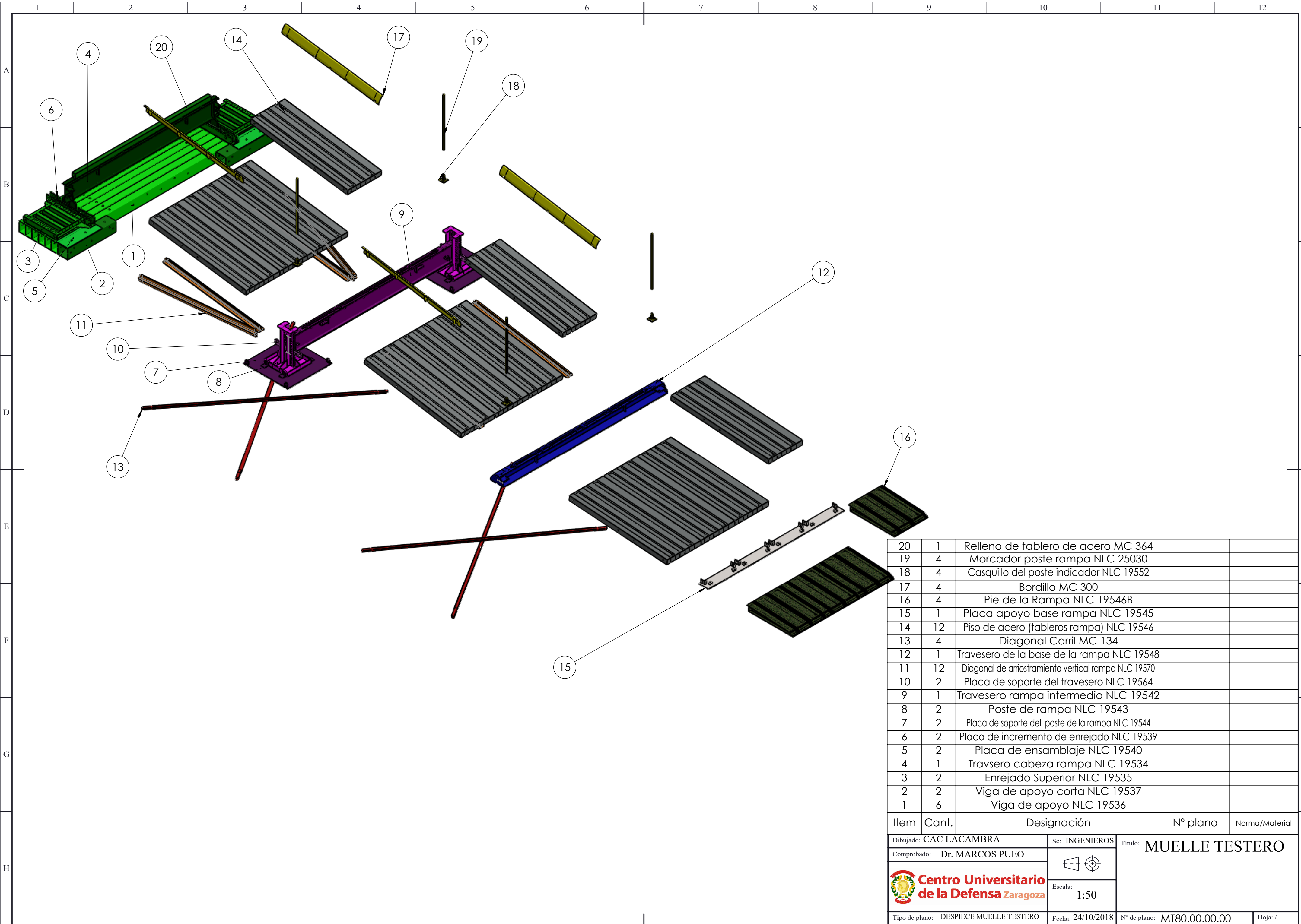


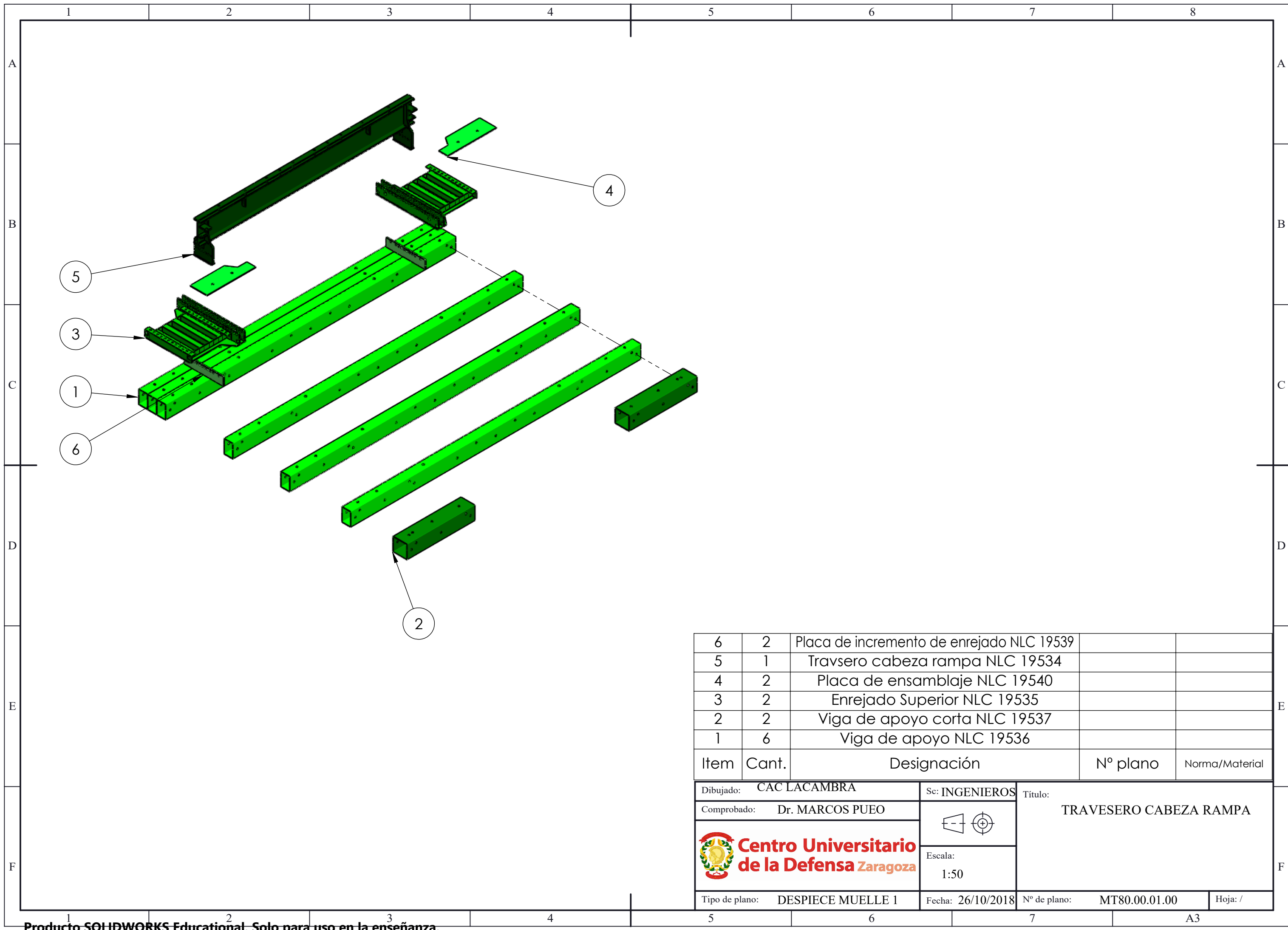
Figura 63 Vista explosionada, muelle testero intermedio. **Fuente:** Elaboración propia.

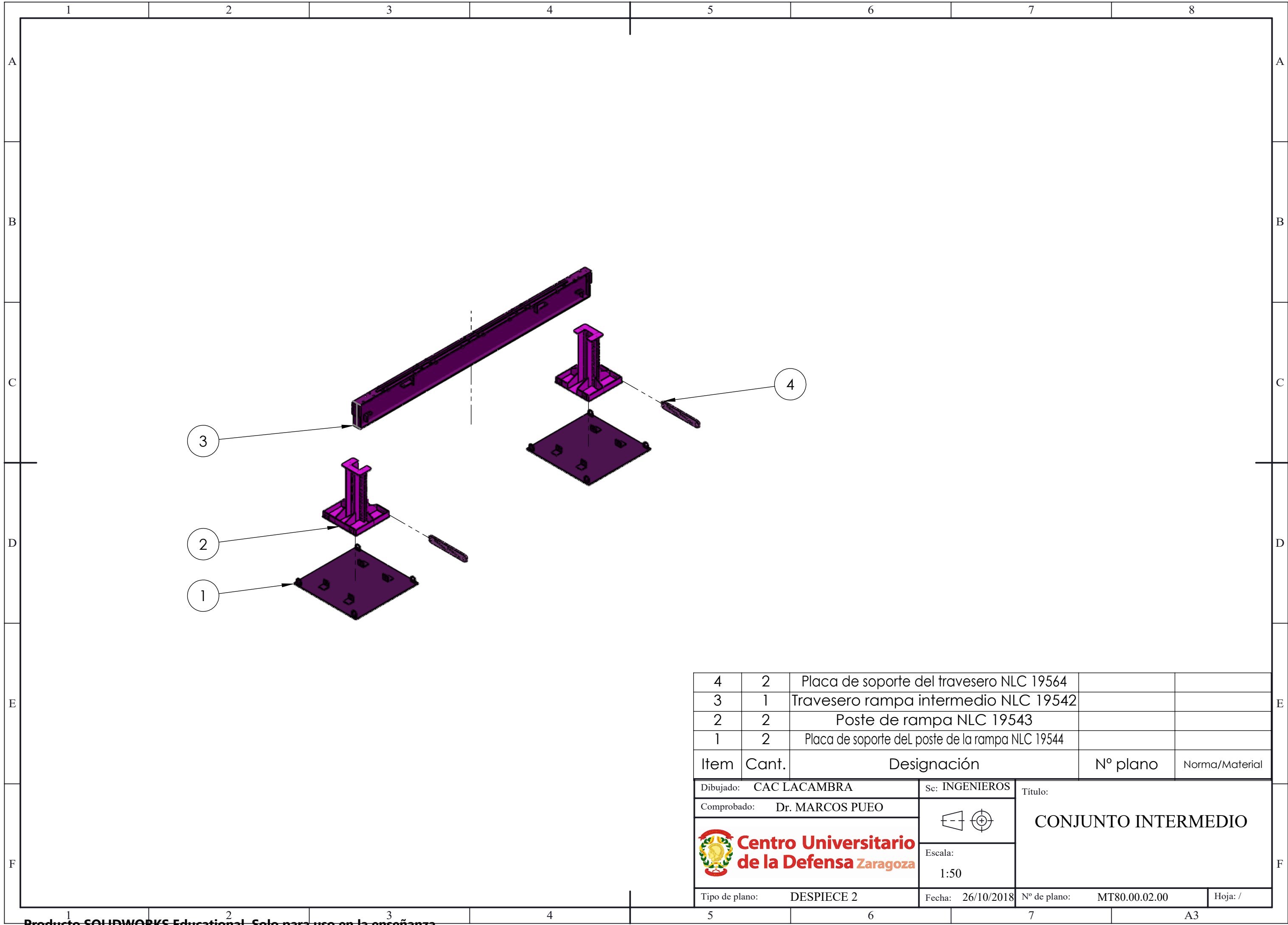
ANEXO 4. PLANOS.




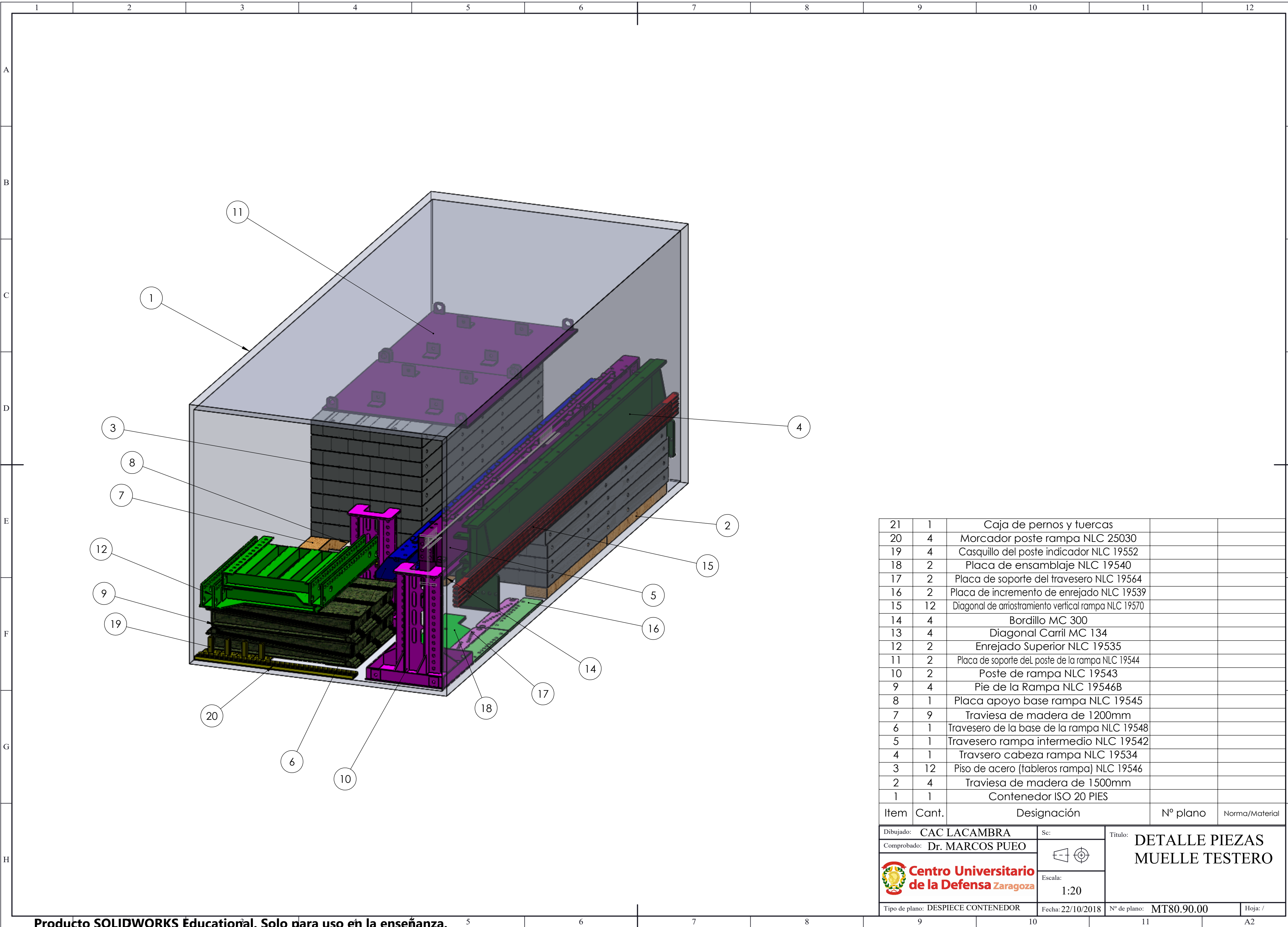
20	1	Relleno de tablero de acero MC 364		
19	4	Morcador poste rampa NLC 25030		
18	4	Casquillo del poste indicador NLC 19552		
17	4	Bordillo MC 300		
16	4	Pie de la Rampa NLC 19546B		
15	1	Placa apoyo base rampa NLC 19545		
14	12	Piso de acero (tableros rampa) NLC 19546		
13	4	Diagonal Carril MC 134		
12	1	Travesero de la base de la rampa NLC 19548		
11	12	Diagonal de ariostramiento vertical rampa NLC 19570		
10	2	Placa de soporte del travesero NLC 19564		
9	1	Travesero rampa intermedio NLC 19542		
8	2	Poste de rampa NLC 19543		
7	2	Placa de soporte del poste de la rampa NLC 19544		
6	2	Placa de incremento de enrejado NLC 19539		
5	2	Placa de ensamblaje NLC 19540		
4	1	Travsero cabeza rampa NLC 19534		
3	2	Enrejado Superior NLC 19535		
2	2	Viga de apoyo corta NLC 19537		
1	6	Viga de apoyo NLC 19536		

Item	Cant.	Designación		Nº plano	Norma/Material
Dibujado: CAC LACAMBRA		Sc: INGENIEROS	Título: MUELLE TESTERO		
Comprobado: Dr. MARCOS PUEO					
 Centro Universitario de la Defensa Zaragoza					
Escala:		1:50			
Tipo de plano: DESPIECE MUELLE TESTERO		Fecha: 24/10/2018	Nº de plano: MT80.00.00.00		Hoja: /





4	2	Placa de soporte del travesero NLC 19564		
3	1	Travesero rampa intermedio NLC 19542		
2	2	Poste de rampa NLC 19543		
1	2	Placa de soporte del poste de la rampa NLC 19544		
Item	Cant.	Designación	Nº plano	Norma/Material
Dibujado: CAC LACAMBRA		Sc: INGENIEROS	Título: CONJUNTO INTERMEDIO	
Comprobado: Dr. MARCOS PUEO				
 Centro Universitario de la Defensa Zaragoza				
		Escala: 1:50		
Tipo de plano: DESPIECE 2		Fecha: 26/10/2018	Nº de plano: MT80.00.02.00	Hoja: /



21	1	Caja de pernos y tuercas		
20	4	Morcador poste rampa NLC 25030		
19	4	Casquillo del poste indicador NLC 19552		
18	2	Placa de ensamblaje NLC 19540		
17	2	Placa de soporte del travesero NLC 19564		
16	2	Placa de incremento de enrejado NLC 19539		
15	12	Diagonal de arriostamiento vertical rampa NLC 19570		
14	4	Bordillo MC 300		
13	4	Diagonal Carril MC 134		
12	2	Enrejado Superior NLC 19535		
11	2	Placa de soporte del poste de la rampa NLC 19544		
10	2	Poste de rampa NLC 19543		
9	4	Pie de la Rampa NLC 19546B		
8	1	Placa apoyo base rampa NLC 19545		
7	9	Traviesa de madera de 1200mm		
6	1	Travesero de la base de la rampa NLC 19548		
5	1	Travesero rampa intermedio NLC 19542		
4	1	Travsero cabeza rampa NLC 19534		
3	12	Piso de acero (tableros rampa) NLC 19546		
2	4	Traviesa de madera de 1500mm		
1	1	Contenedor ISO 20 PIES		
Item	Cant.	Designación	Nº plano	Norma/Material

Dibujado: CAC LACAMBRA		Sc:	Título: DETALLE PIEZAS MUELLE TESTERO	
Comprobado: Dr. MARCOS PUEO				
 Centro Universitario de la Defensa Zaragoza		Escala:		
		1:20		
Tipo de plano: DESPIECE CONTENEDOR		Fecha: 22/10/2018	Nº de plano: MT80.90.00	Hoja: /

